

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS****[Claim(s)]**

1. It is System for Measuring Chemical Concentration of Gas Discharged between Exhaust Air Cycles from Two or More Exhaust Ports of \*\*\*\*\* in Multiple Cylinder. Said gas discharged exists in the accumulation point by stable chemical concentration during the period of angle of rotation of the \*\* engine corresponding to an exhaust air cycle. Said C stem It is combined with said accumulation point possible [ a response ], and the gas discharged from each of two or more of said exhaust ports is measured. And between the periods of said engine angle of rotation The gasification study sensor means for offering the sensor output signal close to the value showing the stable chemical concentration of said gas exhausted, and -- It is combined with the sensor output signal offered by said gasification study sensor means possible [ a response ]. Signal reconstruction means for offering the component gas signal which has the amplitude which shows the stable chemical concentration of the gas discharged between the periods of engine angle of rotation corresponding to said exhaust air cycle Said system to provide.
2. Said interval is a system according to claim 1 started when the gas discharged exists in said accumulation point by stable chemical concentration.
3. It is the system according to claim 2 which this wave filtration means answers said sensor output signal, and offers a component gas signal by said signal reconstruction means possessing a wave filtration means.
4. It is the system according to claim 3 by which said signal reconstruction means possesses the means for determining an output sampling time delay from each initiation of two or more of said exhaust air cycles further, and said wave filtration means offers a component gas signal in accordance with progress of said output sampling time delay.
5. Said output sampling time delay is a different system according to claim 4 to at least two of said two or more exhaust air cycles.
6. Said state estimation means is a system according to claim 2 which answers said sensor output signal and offers a component gas signal, including the state estimation multiplier relevant to [ said wave filtration means possesses a state estimation means, and ] the engineering model of said gasification study sensor in this state estimation means.
7. the system according to claim 6 which offers the component gas signal converged towards a certain amplitude which shows the stable chemical concentration of the gas which said signal reconstruction means possesses a periodic timer, said state estimation means answers this periodic timer, and is repeated, and is discharged repeatedly [ gradual ] within each of said interval between each of the interval of angle of rotation of the engine corresponding to an exhaust air cycle.
8. It is the system according to claim 6 by which said signal reconstruction means possesses the means for determining an output sampling time delay from each initiation of two or more of said exhaust air cycles further, and said signal reconstruction means offers a component gas signal in accordance with progress of said output sampling time delay.
9. Said output sampling time delay is a different system according to claim 8 to at least two of said two or more exhaust air cycles.
10. Each of said output sampling time delay is a system according to claim 8 depending on the exhaust air runner path length between each of said two or more exhaust ports and of said at least two, and said accumulation point.
11. the engine include angle for determining which exhaust port of two or more exhaust ports of \*\*\*\*\* in said multiple cylinder is exhausting said means for determining an output sampling time delay -- a variation rate -- the system according to claim 8 depending on the geometrical model of the exhaust port where the decision means was provided and said output sampling time delay was determined.
12. It is the system according to claim 8 which depends for said output sampling time delay on the determined engine speed by said means for determining an output sampling time delay possessing a means to determine an engine speed.
13. It is the system according to claim 8 which depends for said output sampling time delay on the determined engine

**BEST AVAILABLE COPY**

load by said means for determining an output sampling time delay possessing the means for determining an engine load.

14. Said output sampling time delay is a system according to claim 8 depending on the integer multiple of said periodic timer.

15. The means for determining said engine load is a system possessing the means for determining the air charge mass relevant to the combustion process preceded with each of two or more of said exhaust air cycles according to claim 13.

16. The means for determining said air charge mass is a system possessing a mass air flow rate sensor according to claim 15.

17. The means for determining said air charge mass is a system possessing an absolute-pressure sensor according to claim 15.

18. Said Signal Reconstruction Means Possesses Means for Predicting Oxygen Density of Exhaust Gas Still independently of Said State Estimation Means. The sensor output which said state estimation means is provided with the oxygen density of said exhaust gas predicted independently as a transcendental input, and is offered by said exhaust gas oxygen density predicted independently and said gasification study sensor means is answered. Said signal reconstruction means is a system according to claim 6 which offers the component gas signal which has the amplitude which shows the stable chemical concentration of the gas discharged between the intervals of angle of rotation of the engine corresponding to said exhaust air cycle.

19. It is the system according to claim 18 by which the engine control means for offering the fuel charge mass relevant to the combustion process before each exhaust air cycle is further provided, and said exhaust gas oxygen density is predicted depending on this fuel charge mass.

20. The oxygen density of said exhaust gas is a system according to claim 19 predicted depending on the air charge mass relevant to the combustion process preceded with said each cycle of exhaust air.

21. It is the system according to claim 18 by which said signal reconstruction means possesses the means for determining an input presumption time delay further from the time of each initiation of two or more of said exhaust air cycles, and said signal reconstruction means provides said state estimation means with the oxygen density of said exhaust gas predicted in independent in accordance with progress of said input presumption time delay.

22. Said input presumption time delay is a system according to claim 21 which passes at the time of each initiation of said interval.

23. Said input presumption time delay is a different system according to claim 21 to at least two of said two or more exhaust air cycles.

24. Each of said input presumption time delay is a system according to claim 21 depending on the exhaust air runner path length between each of said two or more exhaust ports and of at least two, and said accumulation point.

25. the engine include angle for determining which exhaust port of two or more exhaust ports of \*\*\*\*\* in said multiple cylinder is exhausting the means for determining said input presumption time delay -- a variation rate -- the system according to claim 21 which possesses a decision means and depends for said input presumption time delay on the geometrical model of said determined exhaust port.

26. It is the system according to claim 21 which depends for said input presumption time delay on the determined engine speed by the means for determining said input presumption time delay possessing the means for determining an engine speed.

27. It is the system according to claim 21 which depends for said input presumption time delay on the determined engine load by the means for determining said input presumption time delay possessing the means for determining an engine load.

28. The means for determining said engine load is a system possessing the means for determining the air charge mass relevant to the combustion process preceded with each of two or more of said exhaust air cycles according to claim 27.

29. Said input presumption time delay is a system according to claim 21 depending on the integer multiple of said periodic timer.

30. the state estimation multiplier of a different group according to the effect of predetermined relevant to the gas exhausted chooses -- having -- and -- this -- \*\* -- the system according to claim 6 by which said state estimation means offers a component gas signal according to selection of the state estimation multiplier of a group.

31. The effect relevant to said gas exhausted is a system according to claim 30 corresponding to the amplitude of said component gas signal.

32. It is the system according to claim 31 by which the presumed multiplier of a rich condition is chosen according to said component gas signal of the 1st amplitude, and the presumed multiplier of the Lean condition is chosen according to said component gas signal of the 2nd amplitude, and the sensor output signal of said gasification study sensor means

is reconfigured according to said selected state estimation multiplier, and said component gas signal is offered according to it.

33. Said engineering model of said gasification study sensor means is a system according to claim 30 corresponding to the measured value of hydrogen in the effect relevant to said gas discharged, including the model of behavior of said sensor means relevant to detection of said hydrogen exhausted.

34. The engineering model of said gasification study sensor means is a system according to claim 30 corresponding to the measured value of said carbon monoxide in the effect relevant to the gas exhausted, including the model of behavior of said sensor means relevant to detection of the carbon monoxide in said gas exhausted.

35. The system according to claim 6 by which other output signals distinguished from said component gas signal in relation to said engineering model are offered.

36. Model of Behavior of Said Sensor Means relevant to Detection of Said Hydrogen Exhausted in Said Engineering Model of Said Gasification Study Sensor Means -- Containing -- and -- Said -- Others -- Output Signal

The system showing the content of the hydrogen in the gas \*\*\*\*\* (ed) according to claim 35.

37. the model of behavior of said sensor means relevant to detection of the carbon monoxide in the gas by which said engineering model of said gasification study sensor means is exhausted -- containing -- and -- said -- others -- the system showing the content of the carbon monoxide in the gas by which an output signal is exhausted according to claim 35.

38. For said component gas signal, said gasification study sensor means is a system according to claim 1 which is the oxygen density of said gas exhausted, including an oxygen sensor.

39. Said signal reconstruction means is a system according to claim 38 which determines the normalized air-fuel ratio depending on said determined component gas signal.

40. Said signal reconstruction means is a system according to claim 9 which determines the normalized air-fuel ratio depending on said determined component gas signal.

41. the model of behavior of said sensor means relevant to detection of the partial pressure of oxygen [ in / said gasification study sensor means consists of an omnipotent exhaust gas oxygen sensor, and / in the engineering model of said gasification study sensor means / a detection cavity ] -- containing -- and -- said -- others -- the system showing the partial pressure of the oxygen in said detection cavity depending on the gas by which an output signal is exhausted according to claim 6.

42. It is System Which Measures Chemical Concentration of Gas Exhausted between Exhaust Air Cycles from Two or More Exhaust Ports of \*\*\*\*\* in Multiple Cylinder. A gasification study sensor means for it to be combined with said two or more exhaust ports possible [ a response ], and to measure the gas exhausted from each of two or more of said exhaust ports, and to offer a sensor output signal according to it, A means to determine the output sampling time delay relevant to each of two or more of said exhaust air cycles, It is a signal reconstruction means for it to be combined with said sensor output signal possible [ a response ], and to offer a component gas signal in accordance with progress of said output sampling time delay. Said component gas signal has the amplitude which shows the gas exhausted between each exhaust air cycles. Said system to provide.

43. Said output sampling time delay is a different system according to claim 42 to at least two of said two or more exhaust air cycles.

44. the engine include angle for determining which exhaust port of said two or more exhaust ports of \*\*\*\*\* in said multiple cylinder is exhausting the means for determining said output sampling time delay -- a variation rate -- the system according to claim 43 which possesses a decision means and depends for said output sampling time delay on the geometrical model of said determined exhaust port.

45. It is the system according to claim 44 which depends for said output sampling time delay on the determined engine speed by the means for determining said output sampling time delay possessing the means for determining an engine speed.

46. It is the system according to claim 45 which depends for said output sampling time delay on the determined engine load by the means for determining said output sampling time delay possessing the means for determining an engine load.

47. For said state estimation means, said signal reconstruction means is [ said state estimation means ] a system according to claim 46 which answers said sensor output signal and offers a component gas signal including a state estimation means, including the state estimation multiplier relevant to the engineering model of said gasification study sensor means.

48. Said Signal Reconstruction Means Possesses Means for Predicting Oxygen Density of Exhaust Gas Still independently of Said State Estimation Means. Said sensor output signal which the oxygen density of said exhaust gas

predicted independently was offered as a transcendental input to said state estimation means, and was offered by the oxygen density of said exhaust gas predicted independently and said gasification study sensor means is answered. Said signal reconstruction means is a system according to claim 47 which offers the component gas signal which has the amplitude which shows the gas exhausted between said each cycles of exhaust air.

49. It is the system according to claim 48 by which said signal reconstruction means possesses the means for determining an input presumption time delay from each initiation of two or more of said exhaust air cycles further, and said signal reconstruction means provides said state estimation means with said exhaust gas oxygen density predicted independently in accordance with progress of said input presumption time delay.

50. Said input presumption time delay is a system according to claim 49 which passes at the time of each initiation of said interval.

51. Said input presumption time delay is a different system according to claim 50 to at least two of said two or more exhaust air cycles.

52. the engine include angle for determining which exhaust port of said two or more exhaust ports of \*\*\*\*\* in said multiple cylinder is exhausting the means for determining said input presumption time delay -- a variation rate -- the system according to claim 51 which possesses a decision means and depends for said input presumption time delay on the geometrical model of said determined exhaust port.

53. It is the system according to claim 52 which depends for said input presumption time delay on the determined engine speed by the means for determining said input presumption time delay possessing the means for determining an engine speed.

54. Said input presumption time delay is a system according to claim 53 depending on the determined engine load, including a means for the means for determining said input presumption time delay determining an engine load.

55. The means for determining said engine load is a system possessing the means for determining the air charge mass relevant to the combustion process preceded with each of two or more of said exhaust air cycles according to claim 54.

56. It is the system according to claim 47 by which the state estimation multiplier of a different group according to the effect of predetermined relevant to the gas exhausted is chosen, and said state estimation means offers a component gas signal according to selection of the state estimation multiplier of said different group.

57. The effect relevant to said gas exhausted is a system according to claim 56 corresponding to the amplitude of said component gas signal.

58. It is the system according to claim 57 by which a rich state estimation multiplier is chosen according to the 1st amplitude of said component gas signal, and the Lean state estimation multiplier is chosen according to the 2nd amplitude of said component gas signal, and the sensor output signal of said gasification study sensor means is reconfigured according to said selected state estimation multiplier, and said component gas signal is given according to it.

59. It is System Which Measures Chemical Concentration of Oxygen Discharged between Exhaust Air Cycles from Two or More Exhaust Ports of \*\*\*\*\* in Multiple Cylinder. Said oxygen discharged exists in the accumulation point by stable chemical concentration during the period of engine angle of rotation corresponding to said exhaust air cycle. Said system It is combined with said accumulation point possible [ a response ], and the gas discharged from each of two or more of said exhaust ports is measured. And between the intervals of angle of rotation of said engine The oxygen sensor for offering the sensor output signal close to the value showing the stable chemical concentration of the gas discharged, The engine speed measuring device for offering directions of the rate of \*\*\*\*\* in multiple cylinder, The engine location measuring device for offering directions of the location of \*\*\*\*\* in said multiple cylinder, The engine load measuring device for offering directions of the load which acts on \*\*\*\*\* in said multiple cylinder, Said sensor output signal, said engine speed measuring device, an engine location measuring device, It is combined with an engine load measuring device possible [ a response ]. And said measured engine speed, It is a signal reconstruction means for offering a component gas signal in accordance with the progress of an output sampling time delay depending on the geometrical model of the path between an engine location, an engine load, and an exhaust cylinder and the accumulation point. Said component gas signal has the amplitude which shows the oxygen exhausted between [ each ] said exhaust air cycles. Said system to provide.

60. It is the Approach of Measuring Chemical Concentration of Gas Exhausted between Exhaust Air Cycles from Two or More Exhaust Ports of \*\*\*\*\* in Multiple Cylinder. Said gas exhausted exists in the accumulation point by chemical concentration stable between the intervals of angle of rotation of the engine corresponding to said exhaust air cycle. Said approach The gas exhausted from each of two or more of said exhaust ports which exist in said accumulation point is measured. And the phase of offering the sensor output signal close to the value which expresses the stable chemical concentration of said gas exhausted during the period of said engine angle of rotation, and -- The

stable chemical concentration of the gas exhausted from said sensor output signal offered in said measurement phase is reconfigured. And phase of offering the component gas signal which has the amplitude which shows said stable chemical concentration of the gas exhausted between the periods of angle of rotation of the engine corresponding to said exhaust air cycle Said approach of providing.

61. Said interval is the approach according to claim 60 of starting, when said gas exhausted exists in said accumulation point by stable chemical concentration.

62. Said phase to reconfigure is . It is the approach according to claim 61 provide the phase of determining an output sampling time delay from each initiation of two or more of said exhaust air cycles, and said phase to reconfigure offers said component gas signal in accordance with progress of said output sampling time delay.

63. Said output sampling time delay is a different approach according to claim 62 to at least two of said two or more exhaust air cycles.

64. Said Phase to Reconfigure is . Phase Which Predicts Oxygen Density of Exhaust Gas, Are the phase of offering the oxygen density of said predicted exhaust gas as a transcendental input to said reconstruction phase, and the sensor output signal offered in the oxygen density and said measurement phase of said predicted exhaust gas is answered. Said reconstruction phase offers the component gas signal which has the amplitude which shows the stable chemical concentration of the gas exhausted between the periods of angle of rotation of the engine corresponding to said exhaust air cycle. The approach according to claim 60 of providing.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平8-503076

(43) 公表日 平成8年(1996)4月2日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I
G 0 1 N 27/28	3 7 1 E	7363-2J	
F 0 2 D 35/00	3 6 8 Z	9247-3G	
45/00	3 6 8 J	9247-3G	
	3 6 8 G	9247-3G	
		7363-2J	
		G 0 1 N 27/46	3 2 7 P
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求(全 82 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平7-507641  
(86) (22) 出願日 平成6年(1994)8月16日  
(85) 翻訳文提出日 平成7年(1995)4月21日  
(86) 国際出願番号 PCT/US94/09221  
(87) 国際公開番号 WO95/06295  
(87) 国際公開日 平成7年(1995)3月2日  
(31) 優先権主張番号 08/111, 233  
(32) 優先日 1993年8月24日  
(33) 優先権主張国 米国 (US)  
(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), JP

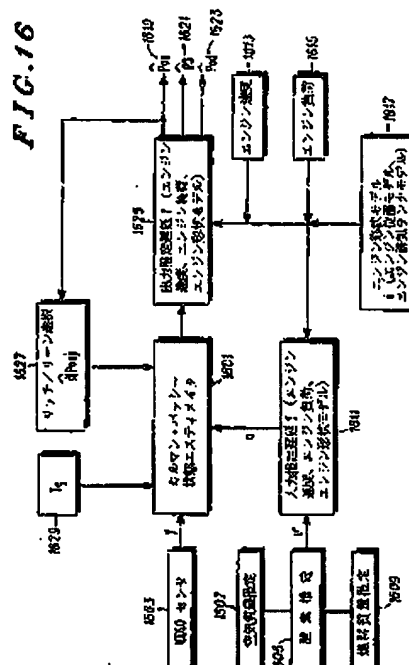
(71) 出願人 モトローラ・インコーポレーテッド  
アメリカ合衆国イリノイ州 60196、シャ  
ンバーグ、イースト・アルゴンクイン・ロ  
ード 1303  
(72) 発明者 ブッシュ・ケビン エル  
アメリカ合衆国ミシガン州 48167、ノー  
スビル、ベースライン・ロード 121  
(72) 発明者 デュア・サンジェイ  
アメリカ合衆国ミシガン州 48098、トロ  
イ、ブラムフォード・ドライブ 4700  
(74) 代理人 弁理士 池内 義明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 状態エスティメータをベースとした排気ガスの化学計測システムおよび方法

(57) 【要約】

多シリンダ内燃機関(401)の排気ポート(409, 413)から排出されるガスの化学的濃度を測定するためのシステム、および対応する方法、は気体検知装置を含む。この装置(419)は好ましくはUEGO(万能排気ガス酸素)センサである。排気されるガスは排気サイクルに対応するエンジンの回転角度のインターバル(738, 742)の間集積ポイント(420)において実質的に安定な化学的濃度(706, 718)で存在する。UEGOセンサ(419)は排気ポート(409, 413)から排気されるガスを測定し、かつ、排気サイクルの各々に対応するエンジンの回転角度のインターバル(738, 742)の間、関連する排気サイクルの間に排気されるガスの化学的濃度(706, 718)を表わす実質的に安定な値に接近する(737, 741)センサ出力信号(743)を提供する。前記センサ出力信号(743)は信号再構成方法ステップ(500, 600)を実行するエンジン制御システム(431)に結合されている。これら信号再構成ステップ(500, 600)は好ましくはカルマン・バッチャー状態エスティメ



**【特許請求の範囲】**

1. 多シリンダ内燃機関の複数の排気ポートからの排気サイクルの間に排出される気体の化学的濃度を測定するためのシステムであって、前記排出される気体は排気サイクルに対応するエンジン回転角度の期間の間安定な化学的濃度で集積ポイントに存在し、前記システムは、

前記集積ポイントに応答可能に結合され、前記複数の排気ポートの各々から排出される気体を測定し、かつ、前記エンジン回転角度の期間の間に、前記排気されるガスの安定な化学的濃度を表わす値に接近するセンサ出力信号を提供するための気体化学センサ手段、そして

前記気体化学センサ手段によって提供されるセンサ出力信号に応答可能に結合され、前記排気サイクルに対応するエンジン回転角度の期間の間に排出される気体の安定な化学的濃度を示す振幅を有する成分ガス信号を提供するための信号再構成手段、

を具備する前記システム。

2. 前記インターバルは排出されるガスが安定な化学的濃度で前記集積ポイントに存在するときに開始する、請求項1に記載のシステム。

3. 前記信号再構成手段はろ波手段を具備し、かつ該ろ波手段は前記センサ出力信号に応答して成分ガス信号を提供する、請求項2に記載のシステム。

4. 前記信号再構成手段はさらに前記複数の排気サイクルの各々の開始から出力サンプリング遅延時間を決定するための手段を具備し、かつ前記ろ波手段は前記出力サンプリング遅延時間の経過と一致して成分ガス信号を提供する、請求項3に記載のシステム。

5. 前記出力サンプリング遅延時間は前記複数の排気サイクルのうちの少なくとも2つに対して異なる、請求項4に記載のシステム。

6. 前記ろ波手段は状態推定手段を具備し、該状態推定手段は前記気体化学センサの工学的モデルに関連する状態推定係数を含み、かつ前記状態推定手段は前記センサ出力信号に応答して成分ガス信号を提供する、請求項2に記載のシステム。

7. 前記信号再構成手段は周期的タイマを具備し、前記状態推定手段は該周期的タイマに応答して反復され、かつ前記各々のインターバル内での漸進的反復は排気サイクルに対応するエンジンの回転角度のインターバルの各々の間に排出されるガスの安定な化学的濃度を示すある振幅に向けて収束する成分ガス信号を提供する、請求項6に記載のシステム。

8. 前記信号再構成手段はさらに前記複数の排気サイクルの各々の開始から出力サンプリング遅延時間を決定するための手段を具備し、かつ前記信号再構成手段は前記出力サンプリング遅延時間の経過と一致して成分ガス信号を提

供する、請求項6に記載のシステム。

9. 前記出力サンプリング遅延時間は前記複数の排気サイクルのうちの少なくとも2つに対して異なる、請求項8に記載のシステム。

10. 前記出力サンプリング遅延時間の各々は前記複数の排気ポートのうちの前記少なくとも2つのうちの各々と前記集積ポイントとの間の排気ランナ経路長に依存する、請求項8に記載のシステム。

11. 出力サンプリング遅延時間を決定するための前記手段は前記多シリンダ内燃機関の複数の排気ポートのうちのどの排気ポートが排気しているかを決定するためのエンジン角度変位決定手段を具備し、かつ前記出力サンプリング遅延時間は決定された排気ポートの形状的モデルに依存する、請求項8に記載のシステム。

12. 出力サンプリング遅延時間を決定するための前記手段はエンジン速度を決定する手段を具備し、かつ前記出力サンプリング遅延時間は決定されたエンジン速度に依存する、請求項8に記載のシステム。

13. 出力サンプリング遅延時間を決定するための前記手段はエンジン負荷を決定するための手段を具備し、かつ前記出力サンプリング遅延時間は決定されたエンジン負荷に依存する、請求項8に記載のシステム。

14. 前記出力サンプリング遅延時間は前記周期的タイマの整数倍数に依存する、請求項8に記載のシステム。



15. 前記エンジン負荷を決定するための手段は前記複数の排気サイクルの各々に先行する燃焼プロセスに関連する空気投入質量を決定するための手段を具備する、請求項13に記載のシステム。

16. 前記空気投入質量を決定するための手段は質量空気流量センサを具備する、請求項15に記載のシステム。

17. 前記空気投入質量を決定するための手段は絶対圧力センサを具備する、請求項15に記載のシステム。

18. 前記信号再構成手段はさらに前記状態推定手段とは独立に排気ガスの酸素濃度を予測するための手段を具備し、前記独立に予測された排気ガスの酸素濃度は前記状態推定手段に先験的な入力として提供され、かつ前記独立に予測された排気ガス酸素濃度および前記ガス化学センサ手段によって提供されるセンサ出力に応答して、前記信号再構成手段は前記排気サイクルに対応するエンジンの回転角度のインターバルの間に排出されるガスの安定な化学的濃度を示す振幅を有する成分ガス信号を提供する、請求項6に記載のシステム。

19. さらに、各々の排気サイクルに先立つ燃焼プロセスに関連する燃料投入質量を提供するためのエンジン制御手段を具備し、前記排気ガス酸素濃度は該燃料投入質量に依存して予測される、請求項18に記載のシステム。

20. 前記排気ガスの酸素濃度は前記各々の排気サイクルに先行する燃焼プロセスに関連する空気投入質量に依存

して予測される、請求項19に記載のシステム。

21. 前記信号再構成手段はさらに前記複数の排気サイクルの各々の開始時から入力推定遅延時間を決定するための手段を具備し、かつ前記信号再構成手段は前記独立的に予測された排気ガスの酸素濃度を前記入力推定遅延時間の経過と一致して前記状態推定手段に提供する、請求項18に記載のシステム。

22. 前記入力推定遅延時間は前記インターバルの各々の開始時に経過する、請求項21に記載のシステム。

23. 前記入力推定遅延時間は前記複数の排気サイクルのうちの少なくとも2つに対して異なる、請求項21に記載のシステム。

24. 前記入力推定遅延時間の各々は前記複数の排気ポートのうちの少なくとも2つのうちの各々と前記集積ポイントとの間の排気ランナ経路長に依存する、請求項21に記載のシステム。

25. 前記入力推定遅延時間を決定するための手段は前記多シリンダ内燃機関の複数の排気ポートのうちのどの排気ポートが排気しているかを決定するためのエンジン角度変位決定手段を具備し、かつ前記入力推定遅延時間は前記決定された排気ポートの形状的モデルに依存する、請求項21に記載のシステム。

26. 前記入力推定遅延時間を決定するための手段はエンジン速度を決定するための手段を具備し、かつ前記入力

推定遅延時間は決定されたエンジン速度に依存する、請求項21に記載のシステム。

27. 前記入力推定遅延時間を決定するための手段はエンジン負荷を決定するための手段を具備し、かつ前記入力推定遅延時間は決定されたエンジン負荷に依存する、請求項21に記載のシステム。

28. 前記エンジン負荷を決定するための手段は前記複数の排気サイクルの各々に先行する燃焼プロセスに関連する空気投入質量を決定するための手段を具備する、請求項27に記載のシステム。

29. 前記入力推定遅延時間は前記周期的タイマの整数倍数に依存する、請求項21に記載のシステム。

30. 排気されるガスに関連する所定の影響に応じて異なる組の状態推定係数が選択され、かつ該異なる組の状態推定係数の選択に応じて、前記状態推定手段が成分ガス信号を提供する、請求項6に記載のシステム。

31. 前記排気されるガスに関連する影響は前記成分ガス信号の振幅に対応する、請求項30に記載のシステム。

32. 第1の振幅の前記成分ガス信号に応じてリッチ状態の推定係数が選択され、かつ第2の振幅の前記成分ガス信号に応じてリーン状態の推定係数が選択され、前記ガス化学センサ手段のセンサ出力信号は前記選択された状態推定係数にしたがって再構成されかつ前記成分ガス信号がそれに応じて提供される、請求項

31に記載のシステム。

33. 前記気体化学センサ手段の前記工学的モデルは前記排気される水素の検知に関連する前記センサ手段のふるまいのモデルを含み、かつ前記排出されるガスに関連する影響は水素の測定値に対応する、請求項30に記載のシステム。

34. 前記気体化学センサ手段の工学的モデルは前記排気される気体中の一酸化炭素の検知に関連する前記センサ手段のふるまいのモデルを含み、かつ排気されるガスに関連する影響は前記一酸化炭素の測定値に対応する、請求項30に記載のシステム。

35. 前記工学的モデルに関連しかつ前記成分ガス信号から区別される、他の出力信号が提供される、請求項6に記載のシステム。

36. 前記気体化学センサ手段の前記工学的モデルは前記排気される水素の検知に関連する前記センサ手段のふるまいのモデルを含み、かつ前記他の出力信号は排気されるガス中の水素の含有量を表わす、請求項35に記載のシステム。

37. 前記気体化学センサ手段の前記工学的モデルは排気されるガス中の一酸化炭素の検知に関連する前記センサ手段のふるまいのモデルを含み、かつ前記他の出力信号は排気されるガス中の一酸化炭素の含有量を表わす、請求項35に記載のシステム。

38. 前記気体化学センサ手段は酸素センサを含み、か

つ前記成分ガス信号は前記排気されるガスの酸素濃度である、請求項1に記載のシステム。

39. 前記信号再構成手段は前記決定された成分ガス信号に依存する正規化された空燃比を決定する、請求項38に記載のシステム。

40. 前記信号再構成手段は前記決定された成分ガス信号に依存する正規化された空燃比を決定する、請求項9に記載のシステム。

41. 前記気体化学センサ手段は万能排気ガス酸素センサからなり、前記気体化学センサ手段の工学的モデルは検出キャビティにおける酸素の分圧の検知に関連する前記センサ手段のふるまいのモデルを含み、かつ前記他の出力信号は排気

されるガスに依存する前記検出キャビティ内の酸素の分圧を表わす、請求項6に記載のシステム。

42. 多シリンダ内燃機関の複数の排気ポートから排気サイクルの間に排気されるガスの化学的濃度を測定するシステムであって、

前記複数の排気ポートに応答可能に結合され、前記複数の排気ポートの各々から排気されるガスを測定しかつそれに応じてセンサ出力信号を提供する気体化学センサ手段、

前記複数の排気サイクルの各々に関連する出力サンプリング遅延時間を決定する手段、

前記センサ出力信号に応答可能に結合され、前記出力サンプリング遅延時間の経過と一致して成分ガス信号を提供

する信号再構成手段であって、前記成分ガス信号は各々の排気サイクルの間に排気されるガスを示す振幅を有するもの、

を具備する前記システム。

43. 前記出力サンプリング遅延時間は前記複数の排気サイクルのうちの少なくとも2つに対して異なる、請求項42に記載のシステム。

44. 前記出力サンプリング遅延時間を決定するための手段は前記多シリンダ内燃機関の前記複数の排気ポートのうちのどの排気ポートが排気しているかを決定するためのエンジン角度変位決定手段を具備し、かつ前記出力サンプリング遅延時間は前記決定された排気ポートの形状的モデルに依存する、請求項43に記載のシステム。

45. 前記出力サンプリング遅延時間を決定するための手段はエンジン速度を決定するための手段を具備し、かつ前記出力サンプリング遅延時間は決定されたエンジン速度に依存する、請求項44に記載のシステム。

46. 前記出力サンプリング遅延時間を決定するための手段はエンジン負荷を決定するための手段を具備し、かつ前記出力サンプリング遅延時間は決定されたエンジン負荷に依存する、請求項45に記載のシステム。

47. 前記信号再構成手段は状態推定手段を含み、前記状態推定手段は前記気

体化学センサ手段の工学的モデルに関連する状態推定係数を含み、かつ前記状態推定手段は前

記センサ出力信号に応答して成分ガス信号を提供する、請求項46に記載のシステム。

48. 前記信号再構成手段はさらに前記状態推定手段とは独立に排気ガスの酸素濃度を予測するための手段を具備し、前記独立に予測された排気ガスの酸素濃度は前記状態推定手段への先験的入力として提供され、かつ前記独立に予測された排気ガスの酸素濃度および前記気体化学センサ手段により提供された前記センサ出力信号に応答して、前記信号再構成手段は前記各々の排気サイクルの間に排気される気体を示す振幅を有する成分ガス信号を提供する、請求項47に記載のシステム。

49. 前記信号再構成手段はさらに前記複数の排気サイクルの各々の開始から入力推定遅延時間を決定するための手段を具備し、かつ前記信号再構成手段は前記入力推定遅延時間の経過と一致して前記独立に予測された排気ガス酸素濃度を前記状態推定手段に提供する、請求項48に記載のシステム。

50. 前記入力推定遅延時間は前記インターバルの各々の開始時に経過する、請求項49に記載のシステム。

51. 前記入力推定遅延時間は前記複数の排気サイクルのうちの少なくとも2つに対し異なっている、請求項50に記載のシステム。

52. 前記入力推定遅延時間を決定するための手段は前記多シリンダ内燃機関の前記複数の排気ポートのうちのど

の排気ポートが排気しているかを決定するためのエンジン角度変位決定手段を具備し、かつ前記入力推定遅延時間は前記決定された排気ポートの形状的モデルに依存する、請求項51に記載のシステム。

53. 前記入力推定遅延時間を決定するための手段はエンジン速度を決定するための手段を具備し、かつ前記入力推定遅延時間は決定されたエンジン速度に依存する、請求項52に記載のシステム。

5 4. 前記入力推定遅延時間を決定するための手段はエンジン負荷を決定するための手段を含み、かつ前記入力推定遅延時間は決定されたエンジン負荷に依存する、請求項5 3に記載のシステム。

5 5. 前記エンジン負荷を決定するための手段は前記複数の排気サイクルの各々に先行する燃焼プロセスに関連する空気投入質量を決定するための手段を具備する、請求項5 4に記載のシステム。

5 6. 排気されるガスに関連する所定の影響に応じて異なる組の状態推定係数が選択され、かつ前記異なる組の状態推定係数の選択に応じて、前記状態推定手段は成分ガス信号を提供する、請求項4 7に記載のシステム。

5 7. 前記排気されるガスに関連する影響は前記成分ガス信号の振幅に対応する、請求項5 6に記載のシステム。

5 8. 前記成分ガス信号の第1の振幅に応じてリッチ状態推定係数が選択され、かつ前記成分ガス信号の第2の振

幅に応じてリーン状態推定係数が選択され、前記気体化学センサ手段のセンサ出力信号は前記選択された状態推定係数にしたがって再構成され、かつ前記成分ガス信号はそれに応じて与えられる、請求項5 7に記載のシステム。

5 9. 多シリンダ内燃機関の複数の排気ポートから排気サイクルの間に排出される酸素の化学的濃度を測定するシステムであって、前記排出される酸素は前記排気サイクルに対応するエンジン回転角度の期間の間安定な化学的濃度で集積ポイントに存在し、前記システムは、

前記集積ポイントに応答可能に結合され、前記複数の排気ポートの各々から排出されるガスを測定しかつ、前記エンジンの回転角度のインターバルの間に、排出されるガスの安定な化学的濃度を表わす値に接近するセンサ出力信号を提供するための酸素センサ、

多シリンダ内燃機関の速度の指示を提供するためのエンジン速度測定装置、

前記多シリンダ内燃機関の位置の指示を提供するためのエンジン位置測定装置

、  
前記多シリンダ内燃機関に作用する負荷の指示を提供するためのエンジン負荷

測定装置、

前記センサ出力信号、前記エンジン速度測定装置、エンジン位置測定装置、およびエンジン負荷測定装置に応答可能に結合され、前記測定されたエンジン速度、エンジン位置、エンジン負荷、および排気シリンダと集積ポイントと

の間の経路の形状的モデルに依存する出力サンプリング遅延時間の経過と一致して成分ガス信号を提供するための信号再構成手段であって、前記成分ガス信号は前記排気サイクルの各々の間に排気される酸素を示す振幅を有するもの、

を具備する前記システム。

60. 多シリンダ内燃機関の複数の排気ポートから排気サイクルの間に排気されるガスの化学的濃度を測定する方法であって、前記排気されるガスは前記排気サイクルに対応するエンジンの回転角度のインターバルの間に安定な化学的濃度で集積ポイントに存在し、前記方法は、

前記集積ポイントに存在する前記複数の排気ポートの各々から排気されるガスを測定し、かつ前記エンジン回転角度の期間の間、前記排気されるガスの安定な化学的濃度を表わす値に接近するセンサ出力信号を提供する段階、そして

前記測定段階において提供される前記センサ出力信号から排気されるガスの安定な化学的濃度を再構成し、かつ前記排気サイクルに対応するエンジンの回転角度の期間の間に排気されるガスの前記安定な化学的濃度を示す振幅を有する成分ガス信号を提供する段階、

を具備する前記方法。

61. 前記インターバルは前記排気されるガスが安定な化学的濃度で前記集積ポイントに存在するときに開始する、請求項60に記載の方法。

62. 前記再構成する段階はさらに、

前記複数の排気サイクルの各々の開始から出力サンプリング遅延時間を決定する段階を具備し、かつ前記再構成する段階は前記出力サンプリング遅延時間の経過と一致して前記成分ガス信号を提供する、請求項61に記載の方法。

63. 前記出力サンプリング遅延時間は前記複数の排気サイクルのうちの少な

くとも2つに対して異なる、請求項62に記載の方法。

64. 前記再構成する段階はさらに、

排気ガスの酸素濃度を予測する段階、

前記予測された排気ガスの酸素濃度を前記再構成段階への先験的入力として提供する段階であって、前記予測された排気ガスの酸素濃度、および前記測定段階において提供されたセンサ出力信号に応答して、前記再構成段階は前記排気サイクルに対応するエンジンの回転角度の期間の間に排気されるガスの安定な化学的濃度を示す振幅を有する成分ガス信号を提供するもの、

を具備する、請求項60に記載の方法。

65. 前記再構成する段階はさらに、

前記複数の排気サイクルの各々の開始から入力推定遅延時間を決定する段階を具備し、前記予測する段階は前記入力推定遅延時間の経過と一致して前記再構成する段階に対し前記予測された排気ガス酸素濃度を提供する、請求項64に記載の方法。

66. さらに、前記決定された成分ガス信号に依存する正規化された空燃比を決定する段階を具備する、請求項60に記載の方法。

67. 多シリンダ内燃機関の複数の排気ポートから排気サイクルの間に排気されるガスの化学的濃度を測定するシステムであって、前記排気されるガスは前記排気サイクルに対応するエンジン回転角度のインターバルの間安定な化学的濃度で存在し、前記システムは、

前記複数の排気ポートの各々に応答可能に結合され、前記複数の排気ポートの各々から排気されるガスを測定しかつ、前記エンジン回転角度のインターバルの間に、排気されるガスの前記安定な化学的濃度を表わす値に接近するセンサ出力信号を提供するための気体化学センサ手段、そして

前記気体化学センサ手段によって与えられるセンサ出力信号に応答可能に結合され、前記排気サイクルに対応するエンジンの回転角度のインターバルの間に排気されるガスの前記安定な化学的濃度を示す振幅を有する成分ガス信号を提供するための信号再構成手段、



を具備する前記システム。

## 【発明の詳細な説明】

状態エスティメータをベースとした排気ガスの  
化学計測システムおよび方法

### 発明の背景

この発明は一般的には内燃機関における燃焼プロセスから生じる排気ガスの化学的性質 (chemistry) 測定分野に向けられており、かつ特定のには複合排気ガス流における個々の排気ポートの貢献度を測定する分野に関する。特に、この発明は酸素濃度を測定しかつ空燃比 (air-fuel ratio) の測定値を多シリンダ内燃機関の個々のシリンダを制御するための制御システムに提供するのにも有用である。

### 発明の分野

多くの今日の多シリンダ内燃機関を制御するための制御システムは燃焼プロセスを精細に調整するためにエンジン出力における排気ガスの化学的性質を直接測定することに依存している。直接的な測定は重要であり、それは制御システムにおいてこの測定方法を使用することにより、制定された排出基準に適合するのに必要なレベルまで排出物を

低減できるからである。

種々の排気ガス組成物の中で、酸素は製品率において最も一般的に測定される気体である。酸素濃度を測定することにより、空燃比が決定できる。空燃比はエンジンの排出物を制御するのに有用である。酸素濃度かつしたがって空燃比を決定するために、最も近代的な制御システムはEGO、または排気ガス酸素センサとして知られた特定の形式の排気ガス化学センサに依存する。このセンサはまた $O_2$ または $\lambda$  (ラムダ) センサとして知られている。このセンサは典型的にはエンジンの排気マニホールドと触媒コンバータとの間の排気ガス流中に配置される。排気ガス流中の酸素濃度は排気される空燃比を示している。この2状態センサはエンジンの排気ガス流がガソリン燃料に対しては約14.6対1の空燃比に対応する化学量論のポイントに関してリッチ (rich) であるかまたはリーン (lean) であるかを検知する。排気ガス流が14.6対1の空燃比を有する場合

、エンジンにおいて化学量論的 (stoichiometric) 燃焼が行なわれておりかつ排出物、特に一酸化炭素、が触媒コンバータによってかなり低減される。

多シリンダエンジンにおいては、排気ガス流は全てのエンジンのシリンダからの複合出力を表わす。エンジン制御システムは現在の空気供給により排気ガス流の測定された空燃比が化学量論的燃焼を呈するように燃料の供給を制御

する責務を有する。エンジンの吸気ポートの形状の相違および燃料システムの構成要素の公差は排気ガス流の空燃比に対する個々のシリンダの寄与に大きな差を引き起こすことが分かっている。

法制はたえずこれらの計測値および制御システムがより良好にならなければならないより強硬な標準を要求し続けている。1つの手法は注入される燃料をシリンダごとのベースで制御することであった。これは排気ガス流において個々のシリンダの空燃比を区別できるセンサシステムを必要とする。個々のシリンダの空燃比の制御により上に述べたエンジンの構成要素の部分の不耐性 (intolerance) および形状的要因の補償が可能になる。この手法を適用する結果として、一酸化炭素および他の排出物が前記法定の排出物標準をサポートする上で低減できるようになる。

個々のシリンダの空燃比を制御するための制御システムを実現するために、いくつかのものは単一の排気ガスセンサを使用することを示唆している。いくつかのシステムは伝統的なEGOセンサを使用しかついくつかのシステムは比例センサ (proportional sensor) を使用する。これらの比例センサは測定された排気ガス流の酸素成分に比例する、あるいはリニアに依存する、測定された空燃比を表わす信号を提供する。これは前に述べたようにリッチであるかリーンであるかの測定値を示す個別

の2状態出力を提供するのみのより伝統的なEGOセンサと対比される。伝統的なEGOセンサにより個々のシリンダの測定を行なうことにより現代のシステムに対しある改善を成すことができるが、比例および個別シリンダ計測の組合せに

よれば排出物の基準に合致するのに必要な付加的な計測可能性を提供できる。比例空燃比センサは一般にUEGO、または万能排気ガス酸素センサ(universal exhaust gas oxygen sensors)として知られている。もちろん、個々のシリンダを測定するためには、個別のUEGOセンサを多シリンダエンジンの各々の排気ポートに配置することができる。しかしながら、この手法はコストがかかり、重量が増大し、かつスペース的に許されない。さらに、この手法は付加的なUEGOセンサおよびインタフェースのサポートのため実質的にシステムの信頼性を低減するから非常に信頼性があるものではない。

個々のシリンダの空燃比を測定するために複合排気ガス流において単一の酸素センサを適用することは測定システムに対し数多くの困難な技術的難題を与える。複合排気ガス流における単一の酸素センサを使用する従来技術のシステムはこれら全ての技術的難題に対処してはいない。これらの技術的難題は多シリンダ内燃機関およびその排気システムに特徴的なスタティックおよびダイナミックな時間的および空間的な効果を含む。また、酸素センサは該センサ

の有用な周波数応答を制限する応答速度の制約を有する。

酸素センサの応答速度の制約に関して、UEGOおよびEGOセンサの双方は前記特定のセンサの周波数応答に依存するひずみ特性を有している。ひずみはより高い周波数成分がセンサに与えられるとき信号の減衰および位相遅延として現われる。典型的なセンサについては、有用な周波数応答は要求される精度に対し約11Hzに限定されている。これは個々の排気シリンダの空燃比を正確に測定するためには十分なものではない。例えば、2,000RPMでは、典型的な8シリンダエンジンは毎秒67回のレートで排気している。測定される量のこのようなレートでの変化が与えられた場合、典型的な酸素センサの周波数応答は多シリンダ構成において正確に動作するのには不適切である。

前記時間的な考慮事項はシステムに関連する効果、および排気ガスの輸送に関連する効果に類別することができる。ここで使用されている、用語「輸送(transport)」はシリンダの排気ポート(exhausting port

s)と酸素センサとの間の相互結合に言及していることに注意を要する。これは複数のシリンダを単一のパイプに結合するための排気マニホルドを含んでいてもよい。

システムに関連する時間的効果に関しては、異なるエンジンは異なる排気順序を有する。これは、4シリンダの例において、1つのシーケンスが1-3-4-2であり、他

のものが1-2-4-3となり得ることを意味する。このため、個々のシリンダの空燃比を評価しまたは求める場合に、特定の排気シリンダを酸素センサ出力において識別しなければならない。これはある特定のシリンダが排気している場合に、センサの出力はその特定のシリンダに関連する排気ガス流の化学的性質(chemistry)に応答するためである。以下に述べる他の時間的な考慮事項はさらに排気順序のプロセスのこの同期を複雑化する。他のシステムに関連する時間的効果は次のシリンダの吹き出し(blow-off)によるものである。特定の排気ポートが開いたとき、対応するシリンダの燃焼チェンバにおける気体混合物が大きなフローレートで排気マニホルドへと流れ出る。排気マニホルドにおいて現存するフローレートは比較的低いため、高い割合のフローレート変化が存在しかつ前記気体混合物は酸素センサ近傍で現存する気体混合物を急速に移動させ、また吹き出させる。フローレートのこの急速な変化、およびその結果としての存在する気体混合物と次のシリンダの気体混合物との間の化学的性質の急速な変化のため、酸素センサの出力は大きく変化する可能性がある。もしこの吹き出し効果が適切に考慮されなければ、個々の排気シリンダの空燃比を解釈する場合に大きなエラーが生じる可能性がある。次に、排気ガスの輸送に時間的に関係する効果につき詳細に説明する。

多シリンダエンジンは典型的にはシリンダの特定の位置

に依存する形状を有する排気マニホルド構造を有する。排気ガス流の輸送経路の長さの差は1つのシリンダの排気ポートが物理的に他のものより下流の(downstream)酸素センサにより近く配置されていれば本質的に生じるもので

ある。異なる排気ランナ長、および輸送経路の長さの対応する差は排気ポートが開くときから酸素センサが排気ガス流における酸素含有量の変化を検知するときまでの排気シリンダの間での排気ガス流の伝搬遅延の差を引き起こす。さらに、特定のシリンダの排気ガス流に与えられるフローインピーダンス (flow impedance) はエンジン負荷によって動的に影響され得る。これは伝搬遅延に関する動的な差を生じさせる。現存する計測システムはこれらの排気ガス輸送の時間的に関係する効果を補償しない。

輸送の空間的な特性はスタティックなフローインピーダンスに影響を与え、かつ多シリンダエンジンの特定のシリンダに対する排気ガス流のあるまいに影響を与えある共振特性を持つことがある。これらの空間的特性は排気システムの特定の形状 (geometry) によって引き起こされる。これらの輸送空間特性は、例えば、排気ガス流のスペクトル的な減衰および/または反射を生じる結果となる。

さらに、酸素センサは典型的には排気ガスがリッチであるかあるいはリーンであるかに応じて異なる応答特性を示す。このことが考慮されなければ、計算された空燃比は大

きなエラーを持つことになる。

必要なことは多シリンダ内燃機関から排出される複合ガス流のガス化学の計測のための改善されたセンサシステムである。該改善されたセンサシステムは多シリンダエンジンの排気システムに特徴的なスタティックなおよびダイナミックな時間的および空間的効果、ガス化学センサの特徴的な周波数応答の制約、およびリッチなおよびリーンな排気ガスに対するセンサ応答の差を考慮に入れなければならない。

#### 図面の簡単な説明

図1は、UEGOセンサのための実際の、および望ましい周波数応答を示すために使用される周波数応答図である。

図2は、本明細書で説明する種々の特徴的波形を示す図である。

図3は、好ましい実施例において詳細に説明する種々の時間的および周波数応

答を示す波形図である。

図4は、好ましい実施例に係わるエンジン制御システムを含むシステムブロック図である。

図5は、好ましい実施例において説明されかつ図4に示されたエンジン制御システムに含まれている種々の方法ステップを示すソフトウェアフローチャートである。

図6は、図4に示されるエンジン制御システムに含まれ

る種々のUEGO信号再構成方法のステップを示すためのソフトウェアフローチャートである。

図7は、好ましい実施例において詳細に説明される種々の時間的および周波数応答を示す波形図である。

図8は、本発明に係わるカルマン・バッシー状態エスティメータにおいて適用される予測方程式の説明図である。

図9は、本発明に係わるカルマン・バッシー状態エスティメータにおいて適用される状態推定方程式の説明図である。

図10は、好ましい実施例において説明されるカルマン・バッシー状態エスティメータにおいて適用される遅延段階のブロック図である。

図11は、シリンダ#1に帰する入力推定遅延時間のマップを示す説明図である。

図12は、シリンダ#1に帰する出力サンプリング遅延時間のマップを示す説明図である。

図13は、エンジンのRPMおよび絶対圧力に関するシリンダ容積測定効率のマップを示す説明図である。

図14は、カルマン・バッシー状態エスティメータに関連する種々の方法ステップを示すソフトウェアフローチャートである。

図15は、本発明に係わるUEGOセンサのモデルを表わす線形方程式の説明図である。

図16は、信号再構成手段を示すシステムブロック図で

ある。

#### 好ましい実施例の詳細な説明

多シリンダ内然機関から排出される排気ガスの化学現象を測定するシステムおよび対応する方法は排気ガス化学センサを含む。好ましくは、このセンサは多シリンダ内然機関から排出される排気ガス流の酸素含有量を示す比例出力信号を発生する。1つの比例形の酸素センサは一般にUEGOセンサ、または万能排気ガス酸素センサ(universal exhaust gas oxygen sensor)として知られている。センサ出力信号を処理するために使用されるシステムおよび方法は排気システムに特徴的なスタティックおよびダイナミックな時間的および空間的なフロー効果(flow effects)を考慮している。また、特徴的な応答速度の制約、およびUEGOセンサのリッチなまたはリーンな気体の測定に基づく可変周波数応答も補償されている。

あるいは、酸素以外の、組成排気ガス成分を複合排気ガス流から回収することができる。例えば、炭化水素(hydrocarbons)、一酸化二窒素(nitrous oxide)、水素(hydrogen)、および一酸化炭素のためのセンサは今日市場で入手可能である。これら各々のセンサはここに説明するシステムおよび対応する

方法と共に使用して有利な結果を得ることができる。

本システムは多シリンダ内然機関の複数の排気ポートから排出される酸素の化学的濃度を測定する。複数の排気ポートの各々から排出される酸素は多シリンダ内然機関のある固定期間の回転角度の間実質的に安定な化学的濃度で存在する。好ましくはUEGOセンサをベースとした、センサ手段は排気マニホルドを通して前記多シリンダ内然機関の複数の排気ポートに応答可能に結合されている。前記センサ手段は排気される酸素を測定しかつ多シリンダ内然機関の前記固定された期間の回転角度の間に排気された酸素の化学的濃度を表わす値に漸近的に接近するセンサ出力信号を提供する。好ましくはカルマン・バツシー(Kalman-Bucy)状態推定エステイメイク(state estimator)に基づく、信号再構成手段は前記センサ手段によって提供されるセンサ出力信号に応



答して、前記複数の排気ポートの各々によって排気される酸素の化学的濃度を示す成分ガス信号推定値を提供する。カルマン・バッシェ状態推定エスティメータの詳細については以下に説明する。あるいは、前記信号再構成手段は後に説明する他のフィルタ技術に基づくものでもよい。

好ましい実施例の詳細についての説明の前に、UEGOセンサおよびエンジンの排気システムのいくつかの理論的なモデルを簡単に概説するのが有用であろう。この説明は主として2つの領域、UEGOセンサの周波数応答の考察、

およびエンジンの排気システムの気体の輸送 (gas transport) の考察に向けられている。

始めにセンサについて説明する。UEGOセンサの様式は他者によって十分に説明されており、したがって、ここでは簡単な説明を行なう。さらに詳細については、「酸素センサ (OXYGEN SENSOR)」と題し、1985年2月12日付のおよびヤマダ他によって著わされた、米国特許第4,498,968号を参照されたい。UEGOセンサの出力はセンサの内部の制御ループにおけるポンピング電流 (pumping current) を表わす信号である。このポンピング電流は検出キャビティにおける酸素の分圧を維持するために使用される。検知される酸素の濃度が変化すると、このポンピング電流は変化しかつ、したがって、検知される酸素の変化を示す。

図1は、UEGOセンサのための実際の周波数応答およびエンジンの各々のシリンダの個々の空燃比を制御することを意図するシステムにおいて有用な望ましい周波数応答を示すために使用される周波数応答図である。水平方向の尺度101は1Hzと1,000Hzの範囲の間の周波数を表わす。垂直方向の尺度103は周波数に関するUEGOセンサの出力に対応する振幅を表わす。この周波数応答図に示された、カーブ105はUEGOセンサの典型的な振幅対周波数応答を表わす。周波数が増大するに応じて、UEGOセンサ信号の振幅応答は減衰することに注意を要

する。約11Hzの周波数109に対応する基準ポイント107において、セン

サ信号105は基準レベル108より低下している。この比較的低速の応答はUEGOセンサが複数のシリンダの排気ガス流における個々の酸素含有量を測定するために複合排気ガス流において使用される場合に問題となる。これはガスが変化する速度が他のシリンダの排気ポートが開きかつ新しいガスをUEGOセンサによって検知されるべき配置マニホールドに放出する前にセンサ出力信号が正確かつ安定な値に落ち着くことができるようにするにはあまりにも速すぎるためである。

他のカーブ111は個々の空燃比測定のために必要な情報を効果的に獲得するために多シリンダ構成において使用されるUEGOセンサのための望ましい周波数応答を示す。基準点113において、センサ信号111は基準レベル108より低下しておりこの点は約50Hzの周波数115に対応している。要するに、UEGOセンサの比較的貧弱な周波数応答はより高い周波数の周波数成分がセンサに与えられる場合の信号の減衰および位相の遅延に表われている。これはいくつかの排気ポートと共通のUEGOセンサを共有する用途においては確かに事実である。

図2は、排気ストロークが引き起こすフローパルス201の例を示す図である。参照数字203で示される、特定のシリンダの排気バルブが開く場合、排気のフローパルス201は非常に急速に上昇し、次に排気バルブが閉じた後

に参照数字205におけるゼロの流量 (flow rate) へといくらかダンプされた振動作用を示し減衰する。酸素含有量の同時的な予測、または等価的に、排気ガスにおける正規化された空燃比、または $\lambda_{\text{EXHAUST}}$  207、はインターバル203～205にわたり比較的一定の酸素濃度を示している。 $\lambda$ は空燃比を化学量論的空燃比で除算したものととして定義されることに注目すべきである。排気ガスのリーンな (lean) 化学量論においては、 $\lambda$ は酸素濃度と1対1の対応を有する、すなわち酸素濃度は $\lambda$ の関数である。

重要なことに、典型的なUEGOセンサによる排気ガスの酸素含有量の同時的な測定は排気ストローク203の開始時に情報の有意の損失を示す。酸素含有量の測定値は参照番号205において新しいフローパルスが生じる前に安定化しな

い。これは参照数字215で示されている。この有意の情報の損失は多シリンダエンジンについての全てのエンジン速度において発生する。これは排気事象の間でセンサ出力が定常的な値に到達するのに不適切な時間が存在するためである。UEGOセンサ出力のあるまゝは排気ガスの化学的濃度を表わす定常値に接近するのみで到達しないため、機能しているエンジンにおける排気酸素を正確に示すために直接使用することができない。さらに、このあるまゝは隣接排気シリンダの将来の排気流が共通のUEGOセンサに与えられる化学的濃度を該センサの出力が実質

的に安定な値に落ち着くことができる前に変位させる場合に一層重要になる。参照数字211はセンサ出力の望ましいふるまゝを示している。この望ましいふるまゝはUEGOセンサの低速応答特性を持たない理想的な酸素センサの出力を表わしている。参照数字213は典型的なUEGOセンサの低速の応答により失われるデータを示している。UEGOセンサ出力信号の変化速度が多シリンダの用途における排気ガス組成の変化に対し低速であるため、UEGO出力信号から排気される酸素の化学濃度を表わす値を示す有用な情報を抽出、あるいは再構成または再生されなければならない。

UEGOセンサの他の重要な特性はその異なる周波数応答、またはリッチなまたは濃い (rich) またはリーンなまたは薄い (lean) ガスでの性能についてのものである。これは薄い排気からUEGOセンサのキャビティ内への酸素の拡散速度は濃厚な排気中に存在する水素、一酸化炭素、および炭化水素の拡散と実質的に異なる拡散速度を有するからである。また、UEGOセンサの電極における一次ガス反応に関連する分子当たりの電子の電荷の数は一次ガス (primary gas) の各々の種類に対して異なる。

薄い排気ガスでは、以下の式が検出キャビティにおける酸素の分圧 (partial pressure) を維持するのに必要な定常状態のポンピング電流を決定する。

【数1】

$$I_p = \frac{nFD_oA}{RTL} \cdot (P_{oe} - P_{od})$$

この場合、

$I_p$  = アンペアでのポンピング電流

$n$  = センサの電極でのガス反応に関連する分子  
あたりの電子電荷の数 = 酸素については 4

$F$  = ファラデーの定数

$D_o$  = 酸素の拡散係数

$A$  = 拡散経路の実効断面積

$L$  = 拡散経路の実効長

$P_{oe}$  = 排気ガス流の酸素の分圧

$P_{od}$  = 検出キャビティでの酸素の分圧

$T$  = 気体温度

$R$  = 気体定数

濃厚な排気ガスでは、以下の数式が検出キャビティにおける酸素の分圧を維持するのに必要な定常状態のポンピング電流を決定する。

【数2】

$$I_p = \frac{nFA}{RTL} \cdot (D_H \cdot P_{He} + D_{CO} \cdot P_{COe} + \sum D_{CnHm} \cdot P_{CnHme})$$

この場合、前に定義した変数に加えて、

$D_H$  =  $H_2$  の拡散係数

$D_{CO}$  =  $CO$  の拡散係数

$D_{CnHm}$  =  $C_nH_m$  の拡散係数

$P_{He}$  = 排気ガス中の  $H_2$  の分圧

$P_{COe}$  = 排気ガス中の  $CO$  の分圧

$P_{CnHme}$  = 排気ガス中の  $C_nH_m$  の分圧

$n$  = センサの電極での気体反応に関与する分子

あたりの電子の電荷の数 =  $H_2$ ,  $CO$ , お

よび  $C_n H_m$  については 2

上の関係の観察、および経験的確認によって濃厚なガスに対してはセンサの応答は薄いガスに対するよりもかなり低速であることが分かっている。

単一のセンサによる個々のシリンダの排気ガスの酸素含有量を測定することに伴う他の特徴的な問題はスタティックおよびダイナミック双方の排気ガス輸送の効果を含む。さらに、これらの効果のいくつかは性質上時間的かつ空間的なものである。

排気ポートから下流の U E G O センサへの排気ガスの輸送は流れおよび質量拡散機構を介して行なわれる。スタティックな時間的效果に関しては、特定のシリンダに対する排気プロセスの開始時に、排気バルブが開きかつ排気ガスがシリンダ中の高い圧力の部分から排気マニホールドのより低い圧力の部分へと流れかつ次にピストンによってシリンダから押し出される。このプロセスの間に、排気ガスは排気マニホールドの容積中に膨張しかつ下流に配置された U E G O センサへと輸送される。モデルを単純化するために、新しく燃焼しかつ排出されたガスは前のシリンダの排気事象からの排気マニホールドに残った燃焼および排出ガスを置き換えるものと仮定する。

特定のシリンダの排気ポートと酸素シリンダとの間のスタティックなガス輸送遅延の第 1 の近似は以下の数式によって決定論的にモデル化することができる。

【数 3】

$$G_{exhaust}(s) = e^{-T_2 s}$$

この場合、

$T_2$  = 時間的遅延

$s$  = ラプラス演算子である。

$T_2$  は 0.004 s ~ 0.050 s の範囲内にあること

が経験的に決定されている。スタティックな時間的效果のこの例はそれぞれの排気ポートから共通の U E G O センサへの異なる伝送経路長を有する多シリンダ構成における各々のシリンダに対して異なっている。

他のスタティックなシステムの時間的効果は図3に詳細に示されており、図3は伝統的な8シリンダエンジンから見られる種々の波形を示している。この時間的効果は前に述べた点火順序の効果である。一連のフローパルスがフローパルス303によって示されており、参照番号321で始まり、シリンダ#1の排気ポートが開くことから生じかつ排気ガスを排気マニホールドへと放出する。個々のフローパルス303, 305, 307, 309, 311, 313, 315および317は90度のインターバル301によって分離されておりかつ典型的には180度~240度の持続期間であることに注目すべきである。シリンダ#3の排気ポートの開口によって引き起こされるフローパルス307は参照数字323で始まることが示されている。また、シリンダ#7の排気ポートの開口によって引き起こされるフローパルス315は参照数字325で始まることが示されている。次に、シリンダ#2の排気ポートの開口によって引き起こされるフローパルス305は参照数字327で始まることが示されている。次に、シリンダ#6の排気ポートの開口によって引き起こされるフローパルス313は参照数字329で始まることが示されている。そして次に、

シリンダ#5の排気ポートの開口によって引き起こされるフローパルス311が参照数字331で始まることが示されている。次に、シリンダ#4の排気ポートの開口によって引き起こされるフローパルス309が参照数字333で始まることが示されている。また、エンジンサイクルを完了するために、シリンダ#8の排気ポートの開口によって引き起こされるフローパルス317が参照数字335で始まることが示されている。

この場合、単一のUEGOセンサがシリンダ1, 2, 3および4に関連する酸素を集めるために8シリンダエンジンの第1の排気バンクへの集積ポイントにおいて結合されている。シリンダ1~4に関連する排気フローパルスから該シリンダ1~4に結合された排気マニホールドの共通の、または集積された、ポイントへの集積された酸素の予測319が得られる。説明の目的で、それぞれのシリンダの排気ポートと前に述べた集積ポイントとの間の可変経路長に依存する効果はここではモデル化されていないことに注目すべきである。また、前記予測はそれぞれ

れの排気シリンダに関連する異なる排気ガス濃度に対応する酸素の異なる濃度を  
含むことも注目すべきである。これはシリンダ# 1のみからの排気酸素に関連す  
る参照数字339、シリンダ# 1と# 3の双方からの排気酸素に関連する341  
、シリンダ# 3のみからの排気酸素に関連する343、シリンダ# 3および# 2  
の双方からの排気酸素に関連する345、お

よびシリンダ# 2のみからの排気酸素に関連する347によって示されている。  
参照数字337、341および345は前記集積ポイントに存在する酸素に対す  
る未知の値を示すことに注意を要する。これはいくつかのシリンダの排気事象が  
他のものにオーバーラップし、したがって集積ポイントにおいてガスの混合物が生  
じることによって引き起こされる。これは前記集積ポイントにおける酸素を乱し  
、それを予測不能にする。

第2の排気バンクの詳細な説明はここでは重要ではなくかつ排気順序はそれが  
前記第1の排気バンクに対して与える影響を説明するためにのみ示されている。  
これはある特定のバンクから出力される複合排気酸素を考慮する場合に、個々の  
シリンダのフローパルスの各々の間の異なるインターバルを考慮するためにこの  
チャートで示されているように、エンジンの排気順序を考慮する必要があるため  
注意を要する。

動的な排気輸送の時間的遅延の例は、排気シリンダにチャージされる空気およ  
び燃料の投入質量 (c h a r g e m a s s) によって規定される、エンジン負荷  
、ピストン速度、および排気ガスプロセスの間にガス流の様式 (d y n a m i c  
s) に影響を与える他の変数に関係する影響を含む。特に、これらの原因はそれ  
ぞれの排気ポートから前記共通のUEGOセンサへの排気ガス流の伝搬に影響を  
与え得る。これらの効果の正確な決定論的モデルはやや複雑

であるから、それらは経験的に決定することができる。これらの効果の例は後に  
与えられる。

スタティックな空間的に関係する影響または効果は各々の排気ポートに結合さ  
れた個々の排気ランナの幾何学的形状および長さの個々の相違に関係する異なる

フローインピーダンスを含む。重要な1つの形状的な考察事項は排気ランナの断面積である。排気フローの伝搬時間はこの要因に依存する。この相違のため、各々の排気ポートが強制し、または押圧するフローインピーダンスが異なる。

ダイナミックな空間的に関係する効果はその排気バルブが開きつつありかつ前の排気フローパルスからの余波 (a f t e r m a t h) が排気マニホールドに存在する場合に、排気ポートへの戻りの圧力の反射に基づくフローインピーダンスの変化を含む。これらの外乱圧力のため、排気シリンダは他のシリンダに關係するその位置に依存する動的フローインピーダンスへと排気することになる。

これらのスタティックおよびダイナミックな空間的に關係する効果の正確な決定論的モデルはやや複雑であるから、それらは経験的に決定することができる。

基礎を成す決定論的モデルおよび経験的説明を述べたから、好ましい実施例の詳細な説明を始める。

図4は、エンジンの排気バンクの酸素出力を測定しかつ排出制御戦略において使用される空燃比を生成するためのエンジンおよびエンジン制御システムを示すシステムブロ

ック図である。エンジン401は第1の排気バンク403および対向する排気バンク405を有する。第1の排気バンク403においては、シリンダ#1 407は排気ポートまたは排気ポート409を有する。また、シリンダ番号3 411は排気ポート413を有する。これらの排気ポート409、413および第1の排気バンク403における他のものはこれらの排気ポートが開いた場合にガス流415を排出する。これらの排気ガス流415は、ここで注目の、酸素を含む数多くの成分ガスを含む。これらのガス415は排気マニホールドおよびランナシステム417へと集められ、該排気マニホールドおよびランナシステム417は實質的に前記排気ガス流415を集積ポイント、ここでは420、における第1のUEGOセンサ419へと結合する。この第1のUEGOセンサ419は排気ガス流415における酸素の含有量を示す信号429を出力する。

参照数字416はシリンダ#1 407に対する排気ポート409および集積ポイント420の間に位置する排気ランナシステム417の一部に関連する経路



長を示している。また、参照数字418はシリンダ#3 411に対する排気ポート413との間に位置する排気ランナシステム417の一部に関連する他の経路長を示す。経路長416および418が異なることは注目すべきことである。この差は時間的遅延、またはそれぞれの排気ポート409および411、およびUEGOセンサ419の集積ポイント4

20の間の排気ガス流伝搬時間における形状的に固有の差を生じる。シリンダ#1の排気ポート409およびシリンダ#3の排気ポート413およびUEGOセンサ419の間に位置する排気ランナシステム17の部分の異なる幾何学的、または空間的形状も重要である。この固有の差はそれぞれの排気バルブ409および411が排気ガスをその中に放出するフローインピーダンスが大幅に異なるため付加的な計測エラーの原因となる。これは前に述べた空間的に関係する効果の例である。

対向するシリンダバンク405は対応するマニホルドおよびランナシステム421を有する。この対向するシリンダバンク405は複合排気ガス流425を測定するための対向するUEGOセンサ423を有する。この対向するUEGOセンサ423は排気ガス流425における酸素含有量を示す信号427を出力する。

前記第1のシリンダバンク403に戻ると、第1のUEGOセンサ419の出力信号429はエンジン制御システム431に入力される。このエンジン制御システム431はまた、重要な他のシステムダイナミックである、エンジン負荷を決定するために使用されるマニホルドの絶対圧力センサ433からの入力を受ける。あるいは、エンジン負荷を測定するためにマスエアーフローセンサ (mass air flow sensor) を使用することができる。いずれのセンサもエンジンの吸気マニホルドの測定値

を計測するよう配置される。前記マニホルド絶対圧力センサ433は出力信号をエンジン制御システム431に送る。エンジン負荷と動的な排気輸送時間遅延の間の関係の原因および効果を前に説明した。後に、エンジン負荷を補償する方法

につき説明する。好ましくは、前記マニホルドの絶対圧力の出力信号334は質量(m a s s)に変換される。これはエンジン制御システム431にもともと設けられているマイクロコントローラ441によって以下の数式を計算することによって達成される。

【数4】

$$m = \rho V \eta$$

この場合、

$V$  = シリンダの容積

$\rho$  = 空気密度

$\eta$  = 体積効率である。

また、前記  $\rho$  は次のようにして決定される。

【数5】

$$\rho = P / (RT)$$

この場合、

$P$  = 測定されたマニホルド絶対圧力

$R$  = 気体定数、 $0.287 \text{ kJ} / \text{kg K}$  (空気について)

$T$  = 吸気マニホルドにおける空気の絶対温度 ( $^{\circ} \text{K}$  で測定) である。

また、 $\eta$  は次のようにして決定できる。

【数6】

$$\eta = \eta (RPM, P)$$

この場合、

$P$  = 測定されたマニホルド絶対圧力

$RPM$  = 回転数/分で測定されたエンジン速度である。

以上の図式的表現は図13に示されている。したがって、吸気マニホルドにおける空気の絶対温度およびマニホルド絶対圧力を測定することにより上記計算をマイクロコントローラ441によって行なうことができる。前記  $\eta$  は、好ましくは図13のグラフから構成され、かつエンジンの  $RPM$  および吸気マニホルド圧力によって指示される (i n d e x e d) ルックアップテーブルに基づき決定さ

れる。図13に基づくルックアップテーブルの例を次の表1に示す。

【表1】

エンジン R P M	インレット空間の絶対圧力 (kPa)				
	20	40	60	80	100
600	0.69	0.66	0.73	0.76	0.77
1200	0.60	0.67	0.72	0.76	0.78
1800	0.64	0.68	0.74	0.76	0.81
2400	0.72	0.76	0.78	0.81	0.84
3000	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83

前記計算はマニホルドの絶対圧力をアクティブな、または排気している、シリンダに対する質量空気投入量 (mass air charge) を指示するために使用される質量への変換を行なう。質量空気流量センサ (mass air flow sensor) から得られてもあるいはマニホルド絶対圧力センサ433から得られても、吸気マニホルドに関連する前記質量は個々のシリンダのベースで適用される。この情報の使用については後に説明する。

エンジン制御システム431への他の入力はカムシャフト回転センサ435によって与えられ、該センサ435はカムシャフト437の端部においてローブ (lobe) 436を測定することに基づき回転するエンジン401のシリンダ#1 407の上死点 (top-dead-center)

ter)、またはTDC、を示す。このカムシャフト回転センサ435は720度ごとのエンジン401の回転角度または角回転ごとにエンジン制御システム431にTDC信号438を提供する。該TDC信号438はエンジン制御システム431によってシリンダのうちのどれが現在排気しているかを測定するためのスタートポイントを決定するために使用される。

また、エンジン角度変位センサ439によって他の入力を提供され、該センサ439はエンジン401のクランクシャフト442上に装着された、歯付きホイール430を検知することによりエンジンの角度変位を測定する。このエンジンの角度変位センサ439はエンジン角度変位信号440をエンジン401の10度の回転角度ごとに、エンジン制御システム431に提供する。該エンジン角度変位信号440はエンジン制御システム431によってどのインターバルにわたりシリンダが排気しているかを判定するために使用される。次に、エンジン制御システム431について説明する。

エンジン制御システム431の構成要素は、この場合モトローラ社のMC68332型装置である、上に述べたマイクロコントローラ441を含む。このマイクロコントローラ441は前記TDC信号438、およびエンジン角度変位信号440を受け取る。便宜的には、マイクロコントローラ441は前記信号438および440をパルスから

該パルスに含まれる後に実行される方法ステップにおいて使用される情報を表わすデジタル情報に変換する。また、マイクロコントローラ441は通信データバス443によってサポート用周辺装置と通信する。該サポート用周辺装置は種々のパラメータテーブルを含む制御プログラムを格納するためのリードオンリメモリ(ROM)445を含む。このプログラムの詳細は前記方法に関する説明において後に行なう。また、エンジン制御システム431はこれも後に説明する方法において使用される一時的な可変記憶のためのランダムアクセスメモリ(RAM)447を含む。データ捕捉システム(DAS)449が対応するUEGOセンサ419、423およびマニホールド絶対圧力センサ433によって提供される信号427、429および434を捕捉するために使用される。DAS449はマルチプレクサフロントエンドおよびマイクロコントローラ用インタフェースを備えた伝統的な500サンプル/秒、12ビットアナログ-デジタル変換器を使用して構成される。当業者はこの実施例のエンジン制御システム431と充分に同じ有用性を提供する他の装置を認識するであろう。

前に述べたように、改善された方法およびシステムの1つの構成部分はカルマ

ン・バッシー (Kalman-Bucy) 状態推定エスティメータである。該カルマン・バッシー状態推定エスティメータはバンク403の各々のシリンダに対して複合排気ガス流415から排出される酸素含

有量を再生または再構成するために使用される。部分的には、前記カルマン・バッシー状態推定エスティメータはこれを各シリンダから排出される実際の酸素含有量を予測し、または推定することによって行なう。これはシステムの工学的モデルに対して複合排気ガス流415のふるまいを分析することによって行なわれる。この工学的モデルは後に規定する。計測されるふるまいはUEGOセンサ419のセンサ出力信号429からの入力、装置435, 436, 430, 439および431によって与えられるエンジンのポジション情報、圧力または質量空気流量センサからの空気投入 (air charge) 推定値、およびエンジン制御システム431によって実行している独立のプロセスから与えられる燃料投入 (fuel charge) 推定値を含む。この独立のプロセスは伝統的なエンジン制御戦略を含む。

あるいは、伝統的なデジタルフィルタのような、他の信号再生手段が実際にUEGOセンサの応答特性のために減衰されかつ遅延された高次の周波数成分を抽出することができる。さらに、他のプレディクタ (predictors)、エスティメータ (estimators)、またはスライドモード (sliding-mode) オブザーバ、リャプノフの超安定 (Lyapunov's hyperstability) に基づくオブザーバ、またはニューラルネットワークをベースとしたオブザーバのような、オ

ブザーバ (observers) を前記カルマン・バッシー状態推定エスティメータと置き換えることができる。いずれの実施例においても、この種のシステムにおけるその卓越した性能のためDSP (デジタル信号処理) ソフトウェアメカニズムが使用される。前に述べたモトローラ社のMC68332型マイクロコントローラはこの種のタスクによく適している。あるいは、モトローラ社のMC68332型マイクロコントローラに置き換えることができる数多くの他のDSP

志向のコントローラがある。

カルマン・バッシー状態推定エスティメータの用途は伝統的なフィルタにとって好ましいものである。特に重要なことはUEGOセンサ内部の種々のふるまいの観察に基づき容易に状態推定値を抽出できる能力である。これは、適切な工学的モデルにより、カルマン・バッシー状態推定エスティメータは前記工学的モデルのふるまいを表わす他の出力信号を提供できることを意味する。これらのふるまいはUEGOの検出キャビティにおける酸素の濃度およびUEGOの内部の検出キャビティへの酸素拡散レートの尺度であるポンピング電流を含む。これらの内部的なふるまいを観察することにより、より良好な精度およびノイズ免疫性を有するより最適な信号再生が達成できる。内部変数を追跡しかつ次にこれらの変数をフィードバック制御のために使用することがエンジン制御システムの応答を改善するために用いることができる。前記カルマン・バッシー状態

推定エスティメータはまた測定されようとしているUEGOセンサ出力信号に対する最終値の予測を提供することができ、したがってカルマン・バッシー状態推定エスティメータが伝統的なフィルタよりも高速度で正確な推定に帰着できるようにすることが可能になる。

前記カルマン・バッシー状態推定エスティメータはマイクロコントローラ441におけるソフトウェアで実行される。改善された本方法および関連するシステムはUEGOセンサ419の配置によって規定される集積ポイント420における第1のシリンダバンク403からの出力を集積し、または組合せる。DAS449によるUEGOセンサ出力信号429の変換の後、カルマン・バッシー状態推定プロセスを含む好ましい方法を実行している、マイクロコントローラは次に前記特定の排気シリンダの排気サイクルに関連するインターバルの間の集積ポイント420における安定な酸素含有量を表わす値に接近する信号を再生する。前記状態推定プロセスは排気シリンダの識別、前に述べたステティックおよびダイナミックな時間的および空間的効果、UEGOセンサの低速応答、およびリッチなおよびリーンな排気ガスに対するセンサ応答の差の全ての考察を含む。改善された本方法、および関連するシステムはこれら全てをエンジンが動作している間

にリアルタイムで行なう。

本方法は、第1のシリンダバンク403の排気シリンダの複合出力を表わす、連続的なUEGOセンサ出力信号4

29に基づいて動作する。本方法は前記連続的な信号429に対応する排気シリンダからの個々の酸素推定値を表わす個別の値へと分離する。これはエンジン制御システム431が個々のシリンダの空燃比制御戦略を実行できるようにする。これは非常に有益であるが、その理由はこの情報の細分性 (*granularity*) によりエンジン制御システム431は個々のシリンダの空燃比制御に基づく一酸化炭素の放出の大幅な低減を行なうために最適化することができるからである。カルマン・バッチー状態推定エスティメータを含む、改善された方法のさらなる詳細につき次に説明する。

カルマン・バッチー状態推定エスティメータを含む、改善された方法はUEGOセンサの工学的モデル、エンジンピストン情報、および排気マニホルドランナ構成を共通の集積ポイント420に配置されたUEGOセンサ419の上流の実際に排気される酸素の正確な表現を予測し、または再生するために適用する。

UEGOセンサの様式の工学的モデルは始めに1組の線形状態方程式の形式で与えられる。上に述べたように、UEGOセンサの様式は他のものによって十分に説明されている。しかしながら、それらをここで線形状態方程式の形で繰り返すことは改善された本方法およびシステムを理解する上での助けとなるであろう。

始めに、検出キャビティにおける酸素の分圧の変化レ-

ートは次のようにモデル化することができる。

【数7】

$$\frac{dP_{od}}{dt} = \frac{D_g A}{V_d L} P_{oe} - \frac{D_g A}{V_d L} P_{od} + \frac{RT}{V_d n F} I_p$$

この場合、

$P_{od}$  = 検出キャビティ内の酸素の分圧

$D_g$  = 1 次ガスの拡散係数

$A$  = 拡散経路の実効断面積

$L$  = 拡散経路の実効長

$V_d$  = 検出キャビティの容積

$P_{oe}$  = 排気ガス流における酸素の分圧

$R$  = 気体定数

$T$  = 気体温度

$n$  = センサの電極における気体反応に関与する分子当たりの電子電荷の数 = 酸素に対しては 4

$F$  = ファラデー定数

$I_p$  = アンペアでのポンピング電流

次に、内部変数、検知セルの電気化学的電位、 $V_s$  は次のようにモデル化することができる。

【数 8】

$$V_s = \frac{RT}{nF} \ln(P_{od}) + R_s I_{op}$$

この場合、

$R_s$  = 検知セルの抵抗

$I_{op}$  = 酸素を基準キャビティ内にポンピングするのに必要なバイアス電流

この式は非線形であるから、それを  $\lambda = 1.02$  のような合理的な動作点において線形にする (linearize) ことが望ましい。したがって次の式が得られる。

【数 9】

$$\frac{dV_s}{dt} = \left[ \frac{RT}{nF} \cdot \frac{1}{P_{od}} \right]_{\lambda=1.02} \cdot \frac{dP_{od}}{dt}$$

次に、前記ポンピング電流  $I_p$  を制御する回路は次のようにモデル化すること



ができる。

【数10】

$$\frac{dI_p}{dt} = \frac{GR_{12}C_1}{(1-R_1GR_{12}C_1)} \left( \frac{dV_s}{dt} \right) + \frac{G}{(1-R_1GR_{12}C_1)} (V_s) \\ + \frac{GR_1}{(1-R_1GR_{12}C_1)} (I_p)$$

この場合、

$G$  = ゲイン

$R_a$  = 内部UEGO回路における抵抗値

$C_a$  = 内部UEGO回路における容量値である。

内部回路ノード電圧  $V_s$  は次のようにモデル化することができる。

【数11】

$$\frac{dV_3}{dt} = \frac{2}{R_3C_3} I_p - \frac{2}{R_3C_3} V_3$$

この場合、

$R_a$  = UEGO回路内部における抵抗値

$C_a$  = UEGO回路内部における容量値である。

回路内部のノード電圧  $V_a$  はづきのようにモデル化することができる。

【数12】

$$\frac{dV_4}{dt} = \frac{1}{R_{21}C_{21}R_{22}C_{22}} V_s - \frac{1}{R_{21}C_{21}R_{22}C_{22}} V_{out}$$

この場合、

$R_a$  = UEGO回路内部における抵抗値

$C_a$  = UEGO回路内部における容量値

$V_{out}$  = U E G O 出力信号である。

次に、前記出力信号  $V_{out}$  は次のようにモデル化することができる。

【数 1 3】

$$\frac{dV_{out}}{dt} = V_4 - \frac{1}{R_{22}C_{21}}I_p - \frac{1}{R_{21}C_{21}}V_{out}$$

上記線形状態方程式をカルマン・バッシェー状態エスティメータ形式に変換する前に、カルマン・バッシェー状態エスティメータ関係の簡単な説明を行なう。

カルマン・バッシェー状態エスティメータは一般に次の状態方程式によって定義される。

【数 1 4】

$$\hat{x}(k+1|k+1) = \hat{x}(k+1|k) + F_k(k+1)[y(k+1) - C\hat{x}(k+1|k)]$$

この場合、

$\hat{x}$  = 推定された状態ベクトル

$F_k$  = カルマン・バッシェー状態エスティメータ  
のゲインマトリクス

$y$  = 入力信号の状態ベクトル、ここでは U E  
G O センサの出力信号

$C$  = 工学的モデルの細部 (specific  
s) を規定するパラメータマトリクス

$k$  = 離散時間指数、この場合  $k+1$  は  $k$  より  
遅い時間ステップを示す。

上記数式 1 4 は修正方程式 (correction equation) である。この修正方程式の目的は入力信号と引き続く予測の結果として予期される信号との差を解明することである。

【数15】

$$\hat{x}(k+1|k) = A\hat{x}(k|k) + Bu(k)$$

この場合、

$A$  = 工学的モデルの細部を規定するパラメータマトリクスであり、この場合の工学的モデルはUEGOセンサのふるまいをモデル化する上に述べた線形状態方程式に基づく

$B$  = 工学的モデルの細部を規定するパラメータマトリクス

$u$  = 動的入力ベクトル、ここでは排気シリンダへのチャージの知識に基づき予期される酸素レベルの外部的に決定される予測である。

前記数式15は現在の動的入力、工学的モデル、および前記修正方程式 $x(k|k)$ の最後の結果に基づく状態変数 $x(k+1|k)$ の将来の結果を予測するために使用される予測方程式である。

上の数式(14および15)を適用することにより、エンジンの位置情報、種々のパラメータマトリクス( $A$ 、 $B$ および $C$ )、およびゲインマトリクス( $F_k$ )によって、カルマン・バッシー状態エスティメータは、複合排気ガス流における個々のシリンダの酸素密着分を効果的に予測す

るために、燃焼の前の排気シリンダへの予期される空気-燃料チャージに依存して外部的に予測される酸素濃度を表わす、動的入力( $u$ )および複合UEGO信号429( $y$ )に基づき動作することができる。前記動的入力( $u$ )はカルマン・バッシー状態エスティメータとは独立に予測されかつカルマン・バッシー状態エスティメータに対しそれがより迅速に解明するのを助けるためにアプリアリな入力としてカルマン・バッシー状態エスティメータに提供されることに注意を要する。

いくつかの優れた参考文献が状態エスティメータおよびデジタルフィルタを構築するためのさらに詳細について教示していることに注目すべきである。それらの文献は：R・E・Kalmanにより著され、1982年3月にJournal Basic Eng.において出版された“A New Approach

to Linear Filtering and Prediction Problems": R. E. KalmanおよびR. S. Bucyにより著され、1983年12月にTransactions of the A. S. M. E. Ser. D, Journal Basic Eng. によって出版された "New Results in Linear Filtering and Prediction Theory" の95~107頁; Richard J. Higginsにより著され、1990年にPrentice

Hallにより出版された、"Digital Signal Processing in VLSI": およびRobert Grover BrownおよびPatrick Y. C. Hwangにより著され、1992年にJohn Wiley and Sons, Inc. により出版された "Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering" を含む。

便宜的には、数式7~13で表わされる線形状態方程式はマトリクス形式で次のように表わすことができる。

【数16】

$$\frac{d}{dt}x_c = Fx_c(t) + Gu(t)$$

この場合、

$$x_c(t) = \begin{bmatrix} P_{od} \\ I_p \\ V_3 \\ V_4 \\ V_{out} \end{bmatrix}$$

$x_c$ は時間の関数である状態変数のアレイであり、下付き文字 $c$ は連続的な時間変数を表わす状態変数を示すこと

に注意を要する。

さらに、

$u(t)$  = この場合、時間の関数である入力変数の  
アレイ

$u$  = スカラー変数 =  $P_{oe}$

$F$  および  $G$  = パラメータのマトリクス、 $F$  マトリクス  
は状態変数の変化レートがどのようにし  
て前記状態変数に関係するかを表わす。  
 $G$  マトリクスは状態変数の変化レートが  
どのように前記入力変数に関係するかを  
表わす。

出力変数の式は次のように書くことができる。

【数 17】

$$y(t) = C x_c(t)$$

この場合、

$y(t)$  = 時間の関数である出力変数のアレイ、  
この場合 =  $V_{oe}$  または  $UEGO$  セン  
サの電圧出力

$C$  = 出力パラメータのマトリクス

前記数式 17 で表わされるモデル出力方程式はセンサの

内部的な変数と出力信号 ( $y$ ) との間の結合 “ $C$ ” を表わす。実際に、“ $C$ ” は  
前記内部変数から出力 ( $y$ ) への増幅または拡大値 (amplification)  
を表わす。 $V_{oe}$  はここでは便宜上状態変数として選択されている。

この場合、注目の出力方程式は次のようになる。

【数 18】

$$y(t) = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1] x_c(t)$$

図 15 は、上記線形状態方程式 7 ~ 13 を方程式 16 および 17 において導入  
されたマトリクス形式での線形状態方程式のシステムへと組合せる。

図15の式における、参照数字1501, 1503, 1505, 1507, 1509および1511によって表わされる $n$ の変数はセンサの電極において1次ガス反応に関与する分子あたりの電子電荷の数を表わすことに注意を要する。1次ガスは濃い (rich) および薄い (lean) 排気ガス流に対して異なるから、前記変数 $n$ を表わす定数は排気ガス内容に基づきモデルにおいて変えられる必要がある。また、拡散変数 $D$ , 1513および1515はUEGOの反応チェーンにおける1次ガス (primary gas) に基づき変化する。きわめて濃い (rich) 排気ガス流においては、 $H_2$ ,  $CO$ および $C_2H_6$ は1次ガスを表わす。したがって、 $n=2$ であり、かつ $D_g=4$ .

$1 \times 10^{-3} m^2/s$ である。きわめて薄い (lean) 排気ガス流では、 $O_2$ は1次ガスを表わす。したがって、 $n=4$ であり、かつ $D_g=2$ ,  $1 \times 10^{-3} m^2/s$ である。

次に、カルマン・バッシェ状態エスティメータのモデルは図15に示される式から得ることができる。カルマン・バッシェ状態エスティメータはマイクロコントローラによって実行されるから、離散的な時間にサンプルされたデータが使用される。これを可能にするために、図15のリニアな連続時間モデルは離散的な時間にサンプルされた変数を有するモデルへと変換される。この変換は2つのステップで行なわれる。第1のステップは図15に示される線形状態方程式の標準的な $Z$ 変換を行なう。これは線形状態方程式をエンジン制御システム431のモトローラ社のMC68332型マイクロコントローラによる実行のために離散時間形式に変換する。

前記離散的な時間パラメータは次のように変換される。

【数19】

$$A_d = e^{F^T s}$$

【数20】

$$B_d = A G$$

【数21】

$$C_d = C_c$$

この場合、

$T_s$  = サンプリングのための時間周期、この場合は 2 m S

前記離散的時間モデルは今や次のように表わされる。

【数 2 2】

$$x_d(k+1) = A_d x_d(k) + B_d u(k)$$

【数 2 3】

$$y(k) = C_d x_d(k)$$

この場合、下付き文字 $d$ は $x$ が離散的時間変数であることを示すことに注意を要する。

この場合、

$A$  = 現在時間の増分  $x(k)$  における状態変数の値、および次の時間増分  $x(k+1)$  における状態変数の値の間の結合を表わす。

$B$  = システム変数  $x$  に対する入力  $u$  のゲイン、または相対的影響、を表わす。

$C$  = 出力信号  $y$  に対するシステム変数  $x$  の相対的な即時的 (immediate) 影響を表わす。

$k$  = 離散時間指数

次に、前記方程式 2 2 ~ 2 3 において記述した、離散的時間モデルがカルマン・バッシー状態エスティメータの便宜のため 1 つのサンプル遅延を含むよう書き換えられる。

【数 2 4】

$$x(k+1) = A x(k) + B u(k)$$

【数 2 5】

$$y(k) = C x(k)$$

この場合、

$$x = \begin{bmatrix} P_{oe} \\ P_{od} \\ I_p \\ V_3 \\ V_4 \\ V_{out} \end{bmatrix}$$

および

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \left[ \begin{array}{c} B_d \end{array} \right] & \left[ \begin{array}{c} A_d \end{array} \right] \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \left[ \begin{array}{c} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \\ b_{41} \\ b_{51} \end{array} \right] & \left[ \begin{array}{ccccc} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{array} \right] \end{bmatrix}$$

および



$$B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$$

これらの数式24および25は図8において一般的なかつ完全に展開された形式で示されている。 $a_{nn}$ および $b_{nn}$ マトリクス要素で表わされた関係は単に図15に示されたZ変換された状態変数方程式にすぎない。例えば、マトリクス要素 $a_{22}$ は以下の式で表わされる。

【数26】

$$a_{22} = e^{\left( \frac{R^2 T^2}{n^2 F^2 P_{od} | \lambda = 1.02 V_d} \cdot \frac{G R_{12} C_1}{(1 - R_1 R_{12} C_1 G)} + \frac{G R_1}{(1 - R_1 R_{12} C_1 G)} \right)^{T_s}}$$

したがって、 $a_{22}$ は図15からのマトリクス要素 $f_{22}$ のZ変換の結果を表わす。全ての他のマトリクス要素も同様にして得ることができる。

次に、カルマン・バッシー状態エスティメータの静止 (stationary) 最適フィルタゲインが計算できる。カルマン・バッシー状態エスティメータのゲインマトリクス $F_k$ はリカッチ (Riccati) 方程式を解くことにより決定される。このリカッチ方程式は種々の商業的に入手可能なコンピュータプログラムを使用して解くことができる。例えば、アメリカ合衆国カリフォルニア州95954、サンタ・クララ、ジェイ・ストリート3260の、インテグレイテッド・システムズ・インコーポレイテッド (Integrated Systems, Inc.) か

ら入手可能なMATRIX (登録商標)、またはアメリカ合衆国マサチューセ

ツツ州01760、ナティック、プライム・パーク・ウェイ24、コチチュエイト・プレイスのマス・ワークス・インコーポレイテッド (Math Works, Inc.) から入手可能なMATLAB (登録商標) が利用できる。解答の後、前記静止最適フィルタゲイン $F_k$ が次の式によって与えられる。

【数27】

$$F_k = MC^T [CMC^T + V]^{-1}$$

この場合、

$T$  = マトリクスの転置 (transposition) を示し

$F_k$  = ゲイン

$M$  = リカッチ方程式のマトリクス解

$C$  = 前記式24～25を参照

$V$  = 計測ノイズの共分散 (covariance)、少なくとも部分的にDAS変換プロセスにおける電氣的ノイズに依存する

前記ゲイン $F_k$ は予測されるセンサ信号と実際のセンサ信号との間のエラーの単位ごとの状態推定の各々に適用さ

れる修正を表わす。これはシステムにおいて実際に生じて

いるものを追跡する状態変数 ( $\hat{x}$ ) の推定値を保つ修正メ

カニズムである。もし前記センサ信号が、大きな $V$ によって表わされる、比較的ノイズの多いものであることが知られば、前記予測される信号値とセンサの読みとの間にエラーがあれば小さな修正が加えられる。逆に、もし前記センサ信号が、小さな $V$ によって示される、比較的ノイズのないものであることが知られば、前記予測される信号値とセンサの読みとの間にエラーがあれば大きな修正が加えられる。したがって、状態推定は予測方程式から予期されたもの、およびセンサから測定されるものの重み付けされた組合せである。前記修正メカニズムはこれらを追跡し続ける。

一般に、カルマン・バッシー状態エスティメイタは状態ベクトルによって動作する。カルマン・バッシー状態エスティメイタは真の状態 (単数または複数) が

らの2乗エラーを最小にする方向 (sense) で1つまたはそれ以上のこれらの状態ベクトルの最善の推定を与える。カルマン・バッシー状態エスティメータはセンサ入力信号、この場合はUEGO出力信号429、に依存しかつ種々の予め定められた状態推定係数に基づき、種々の出力状態推定を与える。本実施例では、前記出力状態推定の1つは各々の排気ポートから排出される酸素の化学的濃度の最善の推定値を表わす。

好ましくは、上に述べたように、カルマン・バッシー状態エスティメータへの他の入力に燃焼および排気の前に燃焼チェンバに入れられた計測された空気および燃料の質量に基づく排気酸素の化学的濃度の予測を含む。この付加的な入力はカルマン・バッシー状態エスティメータがより高速度で解答できるようにする。カルマン・バッシー状態エスティメータの反復計算への新しい予測された酸素濃度入力の更新は排気シリンダからの酸素が特定の排気ポートからUEGOセンサ419のすぐ近くの集積ポイント420まで伝搬するまで遅延される。前に述べたように、スタティックおよびダイナミックなものの双方の、種々のガス輸送に関係する時間的遅延がこの遅延時間に影響を与える。

次に、好ましい方法を実行するためのソフトウェアステップにつき説明する。

図5は、図4において導入されたエンジン制御システム431に配置されたりードオンリメモリ (ROM) 445に組み込まれた種々の方法ステップを示すソフトウェアフローチャートである。該方法ステップは、ステップ501で始まる、ルーチン500を構成している。この例は排気バンク1からの2つの隣接して排気するシリンダ、シリンダ#1および#3を考慮する改善された方法を説明することに限定される。この説明は種々の時間的、空間的、センサ応答速度および前に示した濃い (rich) 対薄い (lean) 問題に対する観測および補償を含む。当業者はこ

の例を残りのシリンダに対して、あるいは異なるエンジン構成に対してどのように展開するかは迅速に認識できるであろう。

次のステップ503において、エンジン制御システム431はどのシリンダが

次に排気するかを決定し、かつ対応するシリンダの排気バルブが開き始めるのを待機する。この例では、シリンダ#4が現在排気しておりかつシリンダ#1 407が燃焼している。次に、シリンダ#1 407が排気する。シリンダ#1 407がその排気シーケンスを開始する瞬間はマイクロコントローラ441のTPU、または時間処理ユニット、において捕捉される絶対エンジン角度位置を測定することによって決定される。該TPUは信号438および440をパルスからエンジンのクランクシャフト442が回転する場合に有用なデジタル情報へと変換する任務を有する。これはエンジンのポジションおよび速度を含みこれらは共に改善された本方法およびシステムにおいて適用される。エンジンのポジションに関しては、シリンダ#1 407はTDCの後120° および360° の間で排気する。カルマン・バッチー状態エスティメータを各シリンダの排気サイクルと同期させるためにこれを知ることが重要である。エンジンの度数に関して測定された、排気シーケンスはエンジン制御システム431のROM445内に配置されたシリンダシーケンスパラメータ用テーブルに格納される。典型的な8シリンダ排気シー

ケンスのパラメータテーブルが以下に示されている。

【表2】

シリンダ	排気
1	120° - 360°
2	390° - 630°
3	210° - 450°
4	660° - 180°
5	570° - 90°
6	480° - 720°
7	300° - 540°
8	30° - 270°

このステップ503の一部として、マイクロコントローラは前記シリンダシーケンスパラメータテーブルからの次の排気シリンダの位置情報をインデクスしか

つ呼び出し、そしてそれをTPUで捕捉される絶対エンジン角度位置と比較する。TPUが次のシリンダの排気ポートの開口位置、この場合シリンダ#1 407のエンジンTDCの後の120°の位置、に到達したとき、ステップ505を実行する。

120°と360°の間で、シリンダ#1 407に対応する、排気ポート409は安定な化学的濃度の排気ガス

を排出する。この排気プロセスの詳細は図7に示されている。

一時的に図4および図7にそれと、720°の全エンジンサイクル702をカバーする一連の波形が示されている。水平軸704はエンジンのクランクシャフト位置を示す。

° 排気ポート1<sup>M</sup> (EXHAUST PORT 1) (この記号表現において、記号°は文字Mの上に付すべきであるが、印刷の都合上文字Mの右上部に付している)と名付けられた波形701は単一のフローパルスを表わす。この単一のフローパルスはシリンダ#1の排気ポート409から放出される排気質量流量レート (mass flow rate) を示す。排気ポート409は参照数字703で示すようにエンジンのTDCの後120° (表2から予測される) のエンジン角度の近傍で開く (EVO1)。排気ガスの予測される化学的濃度、この場合は酸素濃度、は瞬時的に放出される。これは $\lambda_{\text{排気ポート1}}$  ( $\lambda_{\text{EXHAUST PORT1}}$ ) と名付けられた他の波形705によって排気ポート409において直接予測されて示されている。この波形705は予測された酸素の他の値から遷移し、かつ720°後の次のエンジンサイクルまで安定に留まっており、次に他の酸素の予測値に遷移する。この例は3つの連続する燃焼サイクルからシリンダ#1 407によって放出される異なる酸素濃度を示している。

波形707  $M^{\circ} \text{UEGO}_1$ は集積ポイント420における予測されるフローパルスを示す。フローパルス707は前記フローパルス701から生じるが、いくらか減衰されかつ遅延されている。遅延 $t_1$  709は排気ポート#1から集積ポイント420に配置されたUEGOセンサ419への伝送経路長の差に依存する

排気ポート#1との間のスタティックな気体輸送遅延の第1の近似を示す数式3からの前に述べた $T_{2,1}$ に対応する。参照数字711  $T_{2,1}$ はエンジンクランクシャフト位置704に関するこの発生を示す。前記減衰は排気マニホールドおよびラナシステム417によって引き起こされるスタティックなフローインピーダンスに主として関係することに注目すべきである。

40 排気ポート3<sup>40</sup> EXHAUST PORT 3'と名付けられた他の波形713はシリンダ#3の排気ポート413から放出される排気質量流量レートを表わす単一のフローパルスを表わす。排気ポート413はエンジンのTDCの後の(前記表2から予測されるように)210°のエンジン角度の近くで参照数字715で示されるように開く(EVO3)。シリンダ#1 407の場合と同様に、予測される酸素の化学的濃度は瞬時的に放出される。これは $\lambda_{\text{排気ポート3}}$  EXHAUST PORT 3'と名付けられた他の波形717によって排気ポート413において直接予測されるよう示されている。この波形717は波形705  $\lambda_{\text{排気ポート1}}$ と同様に遷移することに注目

すべきである。

波形719  $M^{\circ} \text{UEGO}_3$ は集積ポイント420における予測されるフローパルスを示す。シリンダ#1 407の場合に示したように、波形719はフローパルス713から生じるが、これもまたいくらか減衰されかつ遅延している。重要なこととして、遅延 $t_{3,2}$  721は排気シリンダ#1 407に関連する前記遅延 $t_{1,2}$  709より短いことに注目すべきである。これは、シリンダ#3 411に関連する排気ポート413がシリンダ#1 407の排気ポート409に関連する経路長416より短い経路長418を有するように配置されているからである。参照数字723  $T_{2,3}$ はエンジンクランクシャフト位置704に関するこの発生を示している。

波形 $M^{\circ} \text{UEGO}(\text{in})$  725はUEGOセンサ419の近傍の集積ポイント420におけるフローパルス $M^{\circ} \text{UEGO}_1$  707および $M^{\circ} \text{UEGO}_3$  719の実際の組合わせを示す。予期されるように、波形 $M^{\circ} \text{UEGO}_1$  707および $M^{\circ} \text{UEGO}_3$  719は重ね合わされている。波形 $M^{\circ} \text{UEGO}(\text{in})$  725の一部727は直接波形 $M^{\circ} \text{UEGO}_1$  7

07に対応する。特に、波形M°<sub>UEGO(1n)</sub>725の他の部分729はフローパルスM°<sub>UEGO1</sub>707およびM°<sub>UEGO3</sub>719に関連する波形の重複する組合わせを示している。これに続き、波形M°<sub>UEGO(1n)</sub>725の他の部

分731は波形M°<sub>UEGO3</sub>719からのみの寄与を示している。

この組合わされたフローパルスM°<sub>UEGO(1n)</sub>725からシリンダ#1 407および#3 411の排気作用に期する実際の酸素濃度の予測が得られる。これは波形733  $\lambda_{UEGO(1n)}$ で示されている。この波形733は集積ポイント420における酸素濃度を表わす。

参照数字735は波形733  $\lambda_{UEGO(1n)}$ が最後の排気シリンダ、この場合シリンダ#4、からの定常的な酸素濃度を讀んでいることを示している。参照数字703において、シリンダ#1に対する排気ポートは波形 $\lambda_{排気\#1}$ 705で示されるように新しい酸素濃度で新しい気体を流し始める。参照数字711において、このフローパルスはセンサに到達しておりかつセンサの出力に影響を与え始めている。ある期間の後、参照数字737で示されるように、酸素濃度は安定化する。参照数字738は集積ポイント420における酸素の化学的濃度が排気シリンダポート409に対し着実に実質的に一定の値、この場合は参照数字706で表わされる値、に接近する期間を表わす。本質的に、排気されるガスが集積ポイントにおいて安定な化学的濃度で存在する場合に前記インターバルが開始する。

引き続き、参照数字739において、集積ポイント420における酸素濃度は再び不安定かつ予測できないものとなり、それはシリンダ#3 411に期するフローパルスがシリンダ#1 407に関連する酸素濃度を吹き払い(blow-off)始めるからである。同時に、依然として波形707で示されるシリンダ#1からのアクティブなフローがセンサに存在する。このオーバーラップするフローはシリンダ#1および#3からの排気ガスを混合し、それによってセンサにおける酸素濃度が不安定になる。後に、参照数字741で示されるように、シリンダ#1からのフローパルスが消え、したがってフローのオーバーラップが終了し

た後、酸素濃度は再び安定化する。この場合、参照数字742は、排気シリンダポート413に対し、集積ポイント420における化学的濃度が定常的に実質的に安定な値、この場合は参照数字708で表わされる値、に接近する期間を表わす。

UEGO<sub>出</sub> (OUT) (UEGO<sub>SIGNAL(OUT)</sub>) 743と名付けられた波形は前記λ<sub>UEGO(IN)</sub>波形733によって予測されるものとして表わされた複合排気ガス流において提供される酸素濃度に応じてUEGOセンサ419によって与えられる信号429を示す。予測されるとおり、UEGO<sub>出</sub> (OUT) 743は実際にそれぞれの排気ポート409および413から排出される予測された酸素濃度737および741を正確に反映

するものでないことに注意を要する。特に、信号レベル744は決して、排気ポート1409から排出される、信号レベル737と等価な値に到達しない。同様に、信号レベル746は決して、排気ポート3413から排出される、信号レベル741と等価な値に到達しない。主として、これはUEGOセンサ419に固有の低速応答の結果である。

最後に、参照数字745で示されるように、 $\hat{P}_{O_2}$  波形

は排気ポート409および413の各々から排出される酸素の化学的濃度を示す再生された信号を表わす。この信号は、図5および図6に示される、カルマン・バッシェ状態エスティメイトを含む、方法ステップの実行によってマイクロコントローラ441の内部で生成される。重要なことは、信号レベル747は、排気ポート1409から排出される、信号レベル737と実質的に等価な値に到達することである。同様に、信号レベル751は、排気ポート3413から排出される、信号レベル741と実質的に等価な値に到達する。参照数字753はシリンダ#1に関連する出力サンプリング遅延時間を示すことに注目すべきである。また、参照数字755はシリンダ#3に関連する出力サンプリング遅延時間を示す。これらの出力サンプリング遅延時間は、カルマン・バッシェ状態エスティ



よって導入された、状態推定、例えば  $\hat{P}_{O_e}$ 、がそれらが

エンジン制御戦略に与えられる前にほとんど定常的なかつ

実質的に安定な値に収束できるようにするため導入されている。これらの出力サンプリング遅延は後に図5のフローチャートの説明においてさらに詳細に述べる。

図5に戻ると、ステップ505において、出力サンプリング遅延タイマがスタートされる。この出力サンプリング遅延タイマは個々の排気シリンダに関連する種々の時間的遅延を補償するために使用される。

ステップ507において、推定される空気投入質量 (air charge mass)、燃料投入質量 (fuel charge mass)、およびエンジン速度が現在排気しているシリンダ (シリンダ#1 407) に対して決定される。これらのパラメータはこのルーチン500の外部のエンジン制御戦略によって提供される。空気投入質量は本質的に燃焼の前にシリンダ内に導入される空気の質量の値である。燃料投入質量はエンジン制御プラットフォーム431によって動作する燃料戦略によって燃焼前のシリンダ内に注入される燃料投入量を表わす。エンジン速度は単にエンジン角度変位信号440から得られる。当業者は前記推定空気投入質量、燃料投入質量およびエンジン速度を提供する現代のエンジン制御戦略における数多くの手法を認識するであろう。

次に、ステップ509において、予測される排気酸素濃度が動作している (active) シリンダに対する前記与えられた空気投入質量および燃料投入質量の推定値から

計算される。これはモトローラ社のMC68332型マイクロコントローラ441によって以下の代数方程式を実行することによって達成される。

【数27】

$$\bar{P}_{oe} = \frac{(\lambda-1) \cdot (a+\frac{b}{4})}{a+\frac{b}{2} + \lambda \psi \cdot (a+\frac{b}{4}) + (\lambda-1) \cdot (a+\frac{b}{4})}$$

この場合、

$\psi$  = 空気中の酸素に対する窒素のモル比、3.773

a, b = 燃料のタイプに依存する定数、この場合 (a) は燃料の炭素原子/分子の平均数を表わし、かつ (b) は燃料の水素原子/分子の平均数を表わす

$\lambda$  = (空気\_質量/燃料\_質量) / 化学量論的 (空気\_質量/燃料\_質量) 比、すなわち

$$\lambda = \frac{\{air\_mass / fuel\_mass\}}{stoichiometric(air\_mass / fuel\_mass)ratio}$$

次に、ステップ511において、予測された排気酸素濃

度  $\bar{P}_{oe}$  が入力推定値 ( $u'$ ) として保存されかつカルマ

ン・パッシー状態エスティメータによって使用されることになる。前に述べたように、この入力推定値  $u'$  はカルマン・パッシー状態エスティメータがより高速度で解くことができるようにするために使用される。しかしながら、こ

の入力推定値  $u'$  は任意選択的なものである。

次のステップ513において、マイクロコントローラ441は排気シリンダに関係するテーブルから出力サンプリング遅延を決定する。本質的に、この出力サンプリング遅延はカルマン・パッシー状態エスティメータが次のシリンダのフローパルスが集積ポイント420における気体濃度と干渉する前にその状態変数を解くために利用できる時間を十分に持つことができるように導入される。これは集積ポイント420における新しい気体混合物に応答して、UEGOセンサ出力において変化が生じる直前にカルマン・パッシー状態エスティメータによって再

$\hat{P}_{oe}$  745の信号は排気シリンダの実際の酸素出力に

高度に相関しており、かつ他のシリンダの酸素出力との相関が少ないことを意味

する。

一時的に図7に戻ると、参照数字753においてシリンダ#1に対する出力サンプリング遅延が示されている。前に述べたように、この時間は排気マニホールドのランナ長およびエンジンの速度と負荷に関係する気体輸送遅延に依存する。例えば、エンジン速度が増大すると、引き続きシリンダの排気を分離している時間インターバルは低減する。これはUEGOセンサ出力信号(y)429がより区別できないものとなるようにするが、それは他のシリンダの酸素出力がその値に影響を与える前に落ち着くための時間を持たないからである。出力サンプリング遅延はその排気ポ

ートとUEGOセンサとの間で異なる経路長を有する、および／または、いくつかのエンジンに関しては、シーケンス中の次の排気パルスの前の異なる角度インターバルを有する各シリンダに対して異なる。前記出力サンプリング遅延はまたエンジン負荷およびエンジン速度に依存する。エンジン負荷は吸気マニホールドにおける空気の絶対圧力を測定することにより間接的に測定される。エンジン速度は単にエンジンの角度変位信号440から得られる。所定の出力サンプリング遅延時間はエンジン制御システム431のROM445内に配置された他のパラメータテーブルに格納される。出力サンプリング遅延テーブルの例が以下に示されている。

以下の表3はシリンダ#1 407に関連する出力サンプリング遅延を表わす。これらは経験的に決定されかつ時間の単位よりはむしろエンジンの角度変位に関して表現されている。これは単に出力サンプリング遅延、またはこのことに関し後に説明する入力推定遅延、は角度変位に関して表現できることを示すためのものである。マイクロコントローラ441はこの遅延を達成するためにエンジンの角度変位を容易に追跡することができる。

【表 3】

空気質量 (k g)	エンジン速度 (R P M)		
	800	1600	2400
1. 0 0 E - 0 5	300°	360°	360°
2. 0 0 E - 0 5	200°	230°	150°
3. 0 0 E - 0 5	140°	110°	140°
4. 0 0 E - 0 5	140°	170°	140°

シリンダ#1 407に関連する出力サンプリング遅延の連続体 (c o n t i n u u m) を表わすチャートが便宜的に図12に示されている。以下の表はシリンダ#3 411に関連する出力サンプリング遅延を表わす。

【表 4】

空気質量 (k g)	エンジン速度 (R P M)		
	800	1600	2400
1. 0 0 E - 0 5	310°	310°	310°
2. 0 0 E - 0 5	240°	260°	210°
3. 0 0 E - 0 5	210°	230°	200°
4. 0 0 E - 0 5	210°	230°	200°

排気バルブが開く時間と排気シリンダからのフローバル

スがU E G Oセンサにおいて得られる時間の間に固有の時間遅延が存在するから、上に述べた入力推定値 ( $u'$ ) が対応する排気シリンダからのセンサ信号 ( $y$ ) の変化と一致して提供されるように入力遅延が導入されなければならない。ステップ514において、マイクロコントローラ441は入力推定値の遅延係数を決定しかつカルマン・バッチャー状態エスティメイトの遅延段へとロードする。出力サンプリング遅延時間の上に述べた場合と同様に、これらの係数は経験的に決

定されかつその排気ポートとUEGOセンサとの間で異なる経路長を有する各々のシリンダに対して異なる。また、前記入力遅延時間もまたエンジン負荷およびエンジン速度に依存する。これらの係数はエンジン制御システム431のROM445内に配置された他のテーブルに格納される。シリンダ#1 407に関連する入力推定値の時間遅延の連続体を表わすチャートは便宜的に図11に示されている。

図11のチャートから得られた、以下の表は速度および負荷の関数としてのシリンダ#1 407に関連する入力推定時間遅延を示し、この場合負荷は空気投入質量 (air charge mass) によって測定されている。他のシリンダに関連する入力推定時間遅延は同様にしてチャート化することができる。

【表5】

空気質量 (kg)	エンジン速度 (RPM)		
	800	1600	2400
1. 00E-05	50mS	25mS	15mS
2. 00E-05	25mS	16mS	6mS
3. 00E-05	15mS	10mS	4mS
4. 00E-05	15mS	10mS	4mS

次に、ステップ515において、マイクロコントローラ441はステップ505で開始された動作出力サンプリング遅延タイマに対応させるために、ステップ513で決定された、出力サンプリング遅延を待機する。前記出力サンプリング遅延が経過したとき、ステップ517が実行される。入力推定遅延および出力サンプリング遅延もまた排気ランナの形状に依存する。特に重要なことは排気ランナの断面積である。ランナの断面積が変化すると、フローインピーダンスおよびしたがってフローパルスが排気ポートと共通の集積ポイントとの間を通過するのに必要とする時間が変化する。エンジンのこの形状的な状況のモデルはマイクロコントローラ441によってアクセス可能なテーブルに符号化される。その後、

前記入力推定遅延および出力サンプリング遅延もまたこの形状的モデルに依存する。

ステップ517においてマイクロコントローラ441は

独立に実行しているカルマン・パッシー状態エスティメイ

タにより示された、修正された酸素濃度推定値 $\hat{P}_{O_2}$ を含

む、状態推定値を読取る。

次のステップ519において、マイクロコントローラ4

41は排気シリンダに対する修正された酸素濃度推定値 $\hat{P}_{O_2}$ に基づき正規化された空燃比、 $\hat{\lambda}$ を決定する。この空

燃比の推定値は次に外部的に実行しているエンジン制御戦

略に提供される。 $\hat{\lambda}$ の決定は前記修正された酸素濃度推定

値が薄い(lean)または濃い(rich)排気を示し

ているか否かに依存する。 $\hat{\lambda}$ の決定は次のように表現する

ことができる。

薄い排気ガス( $\hat{P}_{O_2} > 0$ )に対しては、

【数28】

$$\hat{\lambda} = \frac{-\left(\frac{a + \frac{b}{4}}{a + \frac{b}{2}}\right)}{\hat{P}_{oe}(\psi + 1) - \left(\frac{a + \frac{b}{4}}{a + \frac{b}{2}}\right)}$$

そして、濃い排気ガス ( $\hat{P}_{oe} < 0$ ) に対しては、

【数29】

$$\hat{\lambda} = \frac{\hat{P}_{oe} \left( \left( \frac{a}{a + \left( \frac{b}{4} \right)} \right) - 2 \right) - 4}{\hat{P}_{oe} \psi + 4}$$

となり、この場合、

$\psi$  = 空気中の酸素に対する窒素のモル比、3.773

$a$ ,  $b$  = 燃料のタイプに依存する定数であり、( $a$ ) は燃料の炭素原子/分子の平均数を表わし、かつ ( $b$ ) は燃料の水素原子/分子の平均数を表わす。

この後に、方法ステップ500はステップ503でスタートを繰り返し次の排気シリンダを予期する。

次に、カルマン・パッシー状態推定プロセスの詳細な説明を行なう。

図6は、与えられたUEGO信号429から排気ガス中の酸素濃度を再生するためにカルマン、パッシー状態エスティメータを実現するために使用される方法ステップを示す。ルーチン600は前に述べたルーチン500と独立に動作する。それはフリーラン周期的タイマによって2mSごとに呼び出される。2mSは高忠実度システムを可能にするために分析に基づき選択された。このカウンタはソフトウェアで実施されるが、任意選択的にハードウェアで行

なうこともできる。このルーチン600における方法ステップに関連するソフト

ウェアはエンジン制御システム431内に配置されたROM445内に符号化されている。

ルーチン600はステップ601でスタートする。ステップ603において、もともと図5のステップ511において保存された、予測された排気酸素濃度を表わす入力推定値( $u'$ )がカルマン・バッシェー状態エスティメータへと読み込まれる。

次に、ステップ605において、DAS449から提供される、UEGOセンサ出力信号( $y$ )もまたカルマン・バッシェー状態エスティメータへと読み込まれる。

カルマン・バッシェー状態推定プロセスはたえずUEGOセンサ信号( $y$ )を受けけることに注目すべきである。前に述べたように、排気バルブが開く時間と排気シリンダの安定な酸素出力がUEGOセンサにおいて利用できる時間との間に固有の時間遅延があるから、前述の入力遅延が導入され入力推定値( $u'$ )が対応する排気シリンダからのセンサ信号( $y$ )と一致して与えられるようにされる。これはステップ607において行なわれ、ここではステップ514において予め定められた入力推定遅延時間によって入力推定値( $u'$ )が遅延され排気マニホールドの形状によって引き起こされる伝搬遅延、および前に述べたエンジン速度および負荷の効果を含む前述の時間的効果を補償する。本質的に、入力推定遅延時間は各々のインターバルの開始

時に経過しかつ集積ポイントにおいて酸素が安定であることを示す。任意選択的に、入力推定遅延時間はUEGOセンサの応答を含むよう選択することができ、したがって前記入力推定遅延時間は各々のインターバルの開始の後のある時間に経過するよう構成することもできる。

一時的に図10にそれと、図5において説明されたルーチン500のステップ514において説明したカルマン・バッシェー状態エスティメータの遅延段を表わす、タップ付き遅延線1000が示されている。このタップ付き遅延線1000のアーキテクチャはDSP構成においては一般的なものである。このタップ付き遅延線1000はハードウェアでもソフトウェアでもエミュレートすることが



できる。タップ付き遅延線1000は単位ステップ遅延を使用して、構成され、該単位ステップ遅延のうちの2つが参照数字1001および1013によって表現されている。参照数字1003および1019によって表わされる、遅延係数ブロックは単位ステップ遅延出力の結果を加算ブロック1005に提供する。この結合は参照数字1011および1021で示されている。タップ付き遅延線1000の動作は次のように説明される。始めに、遅延係数のマトリクスが参照数字1003および1019で表わされる、遅延係数ブロックへとロードされる。このマトリクスの一般的な形式は次の通りである。

【数30】

$$u(k) = C_d [u'(k-1) \quad \dots \quad u'(k-n)]^T$$

遅延係数 $C_d$ のマトリクスは図5のステップ514において提供される。例えば、もしシリンダ#1が排気していれば、1600RPMのエンジン速度および4.00E-05kgの空気投入質量 (air charge mass) で表わされるエンジン負荷における、入力推定遅延時間は10mSである。これは前に述べた表4から得られる。カウンタは2mSのタイムベースを有するから、遅延係数のマトリクスは次のようになる。

【マトリクス1】

$$[0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad \dots \quad 0]$$

したがって、各々2mSの5つの単位ステップ遅延の後に、10mSが経過しておりかつ、参照数字1007において入力された、 $u'(k)$ は参照数字1009における $u(k)$ として加算ブロック1005を退出する。

図6に戻ると、ステップ609において、濃い (rich)、または薄い (lean) 燃焼条件が特定の排気シリ

ンダからの酸素濃度の前の推定値  $\hat{P}_{O_2}$  から決定される。

この決定は他の技術を使用して行なうこともできる。

1つの技術は単にUEGO信号429を化学量論に基づき所定のしきい値と比較することによって濃いまたは薄い状態を判定する。したがって、もし前記信号429が前記しきい値を超えていれば、センサは薄い気体を検知することになる。

あるいは、排気ガスにおける $H_2$ の分圧の推定値 $\hat{P}_{H_2}$   
および／またはCOの分圧の推定値 $\hat{P}_{CO}$ を使用して濃

いまたは薄い状態を判定することができる。

前に述べたように、決定論的關係、および経験的確認によって濃いガスに対してはセンサ応答は薄いガスに対するよりもかなり低速であることが示されている。そのより高い周波数情報がかなり減衰されているUEGOセンサ419によって与えられる信号429を正確に変換するためには、濃いものと薄いものに対するセンサの応答の補償がきわめて重要なことである。

いったん決定されると、該決定がリッチであるかまたはリーンであるかに基づきある状態エスティメイト係数が選択される。これらのある状態エスティメイト係数は、前に述べかつ図8および図14そして数式24～25において参照した、Aおよび $F_k$ を含む。

実際のカルマン・バッシー状態エスティメイトマトリクスの式およびそれらの実施の説明は方法ステップ611において行なわれる。

ステップ611においては、カルマン・バッシー状態エ

スティメイトが反復される。前に述べたように、これらのカルマン・バッシー状態エスティメイトの計算は2mSごとに完了し対応する入力(u)および(y)、そしてUEGOセンサの工学的モデルを表わすマトリクスA、B、C

および $F_k$ に基づき注目の排気シリンダに対して前記 $\hat{P}_O$

、および他の状態推定値を再生または再構成する。この反復に関連する方法ステップの詳細は図14に示されている。しかしながら、該方法の詳細を探索する前にここで述べられる酸素濃度の再生のためのシステムのモデルを概説するのが

有益であろう。

図16は、改善された方法のシステム図をブロック形式で示す。このシステム図は前の教示の要約である信号再構成手段を表わしている。カルマン・パッシー状態エスティメータブロック1601はUEGOセンサブロック1603から入力(y)を受ける。該信号(y)は前に図7において示した集積ポイント420からの信号 $\lambda_{UEGO(1n)}733$ を表わす。これは再構成されるべき信号である。任意選択的には、他の入力(u)が酸素濃度予測ブロック1605(u')から得られる。この値(u')は空気質量推定ブロック1607、および燃料質量推定ブロック1609の結果から予測される。これらの空気および燃料質量推定値はそれぞれの排気シリンダに関連している。前記入力(u)は前記予測(u')からそのカルマン・パッシー状態エスティメータブロック1601への到達を

る入力推定遅延時間だけ遅延させることによって得られる。この入力推定遅延時間はブロック1611に示されており、かつエンジン速度1613、エンジン負荷1615、およびエンジンの位置的モデルおよびエンジンの排気ランナモデルを含むエンジンの形状的モデル1617の関数である。前記エンジンの位置的モデルは単に図3において始めに示された排気事象の間の関係を識別する。前記エンジン排気ランナモデルは前に導入された前述の気体輸送効果を考慮する。前に説明しかつブロック1627によって示された、

ある光学的マトリクスの係数が前記予測された酸素 $\hat{P}_{O_2}$

745の関数として、あるいは任意選択的に、カルマン・パッシー状態エスティメータブロック1601の内部の他の状態変数によって選択される。カルマン・パッシー状態エスティメータ1601の出力1619、1621および1623は前に述べた出力サンプリング遅延に応答してサンプルされる。この出力サンプリング遅延はブロック1625によって表わされる。ブロック1629によって示される、システムタイムT<sub>s</sub>は前に述べたようにカルマン・パッシー状態エスティメータ1601を2mSごとにトリガする。以上の概説が与えられたので、各々の排気ポートからの酸素濃度を再構成するために使用されるカルマン・パ

ッシー状態エスティメイトにつき説明する。

図14を参照すると、ステップ1401において、図10で示された入力推定遅延プロセスから与えられる、現在

の入力推定値  $u(k)$  がエスティメイト内へ読み込まれる。この入力推定値は数式27において得られ、現在UEGOセンサ信号  $y_{429}$  の発生を引き起こしている排気シリンダに関連する入力推定遅延時間だけ遅延された、前述の

予測された排気酸素濃度  $\hat{P}_{O_e}$  を表わす。次に、ステップ

1403において、カルマン・バッシー状態エスティメイトの時間指数が増分される。

次に、ステップ1405において、カルマン・バッシー状態エスティメイト予測方程式が実行される。教示のため、変数 ( $u$ ) のデータフローが参照数字1413で示されている。予測方程式はここでは一般形式で示されていることに注意を要する。実際には、図8に表わされた予測方程式がマイクロコントローラ441において実行される。

次に、ステップ1407において、UEGO信号 ( $y$ ) 429が現在の時間指数に対して読み取られる。

次に、ステップ1409、すなわち修正ステップ、が実行される。UEGO信号 ( $y$ ) および前記予測結果が利用可能になったとき、予測された読取り値が実際の読取り値から減算されて予測エラーを得る。該予測エラーは次にゲインマトリクス  $F_k$  によって乗算されて修正値を生成し、

この修正値は次に動的変数  $\hat{x}$  の状態推定値に加えられる。

この数学的プロセスの結果は前記動的変数の状態推定値  $\hat{P}_{O_e}$ 、 $\hat{P}_{O_d}$ 、 $\hat{I}_p$ 、 $\hat{V}_3$ 、 $\hat{V}_4$ 、 $\hat{V}_{out}$  を生成する。

予測された状態変数のデータフローは参照数字1415お

よび1421によって示されている。また、時間インデクスされたUEGOセン

サ出力信号 (y) 4 2 9 のデータフローは参照数字 1 4 1 9 によって示されている。前記修正方程式もまたここでは一般形式で示されていることに注意を要する。図 9 に示された修正方程式はマイクロコントローラ 4 4 1 によって実行される。

次に、ステップ 1 4 1 1 において、前記修正方程式の反復の結果がカルマン・バッシー状態エスティメイトの次の反復において使用するために記憶される。該データフローは参照数字 1 4 1 7 および 1 4 2 3 によって表わされている。

図 6 に戻ると、ステップ 6 1 3 において、マイクロコントローラ 4 4 1 はフリーランタイマからの次の 2 m S クロックを待機する。

ステップ 6 1 5 において、エンジン制御戦略によって使用されるべき種々の状態推定値が投入される。これらの状態推定値は U E G O センサの検出キャビティにおける酸素の濃度、ポンピング電流、および排気ガス流における酸素の濃度に対する状態推定値を含むものとすることができる。U E G O センサの内部に配置された変数である、U E G O センサの検出キャビティにおける酸素の濃度を監視しかつ追跡することにより、U E G O 出力信号の変化をより良く解釈することができる。これにより比較的ゆっくり変化する

る信号 (y) から排気流の酸素濃度  $\hat{P}_{O_2}$  の高速度の変化

を再構成できるようになる。ルーチン 6 0 0 は次にステップ 6 0 3 においてスタートをくり返す。

ルーチン 5 0 0 および 6 0 0 において検出された方法ス

テップの結果は再構成された信号  $\hat{P}_{O_2}$  であり、これは特

定の排気シリンダの固定されたインターバルの間実質的に一定の振幅を有する。

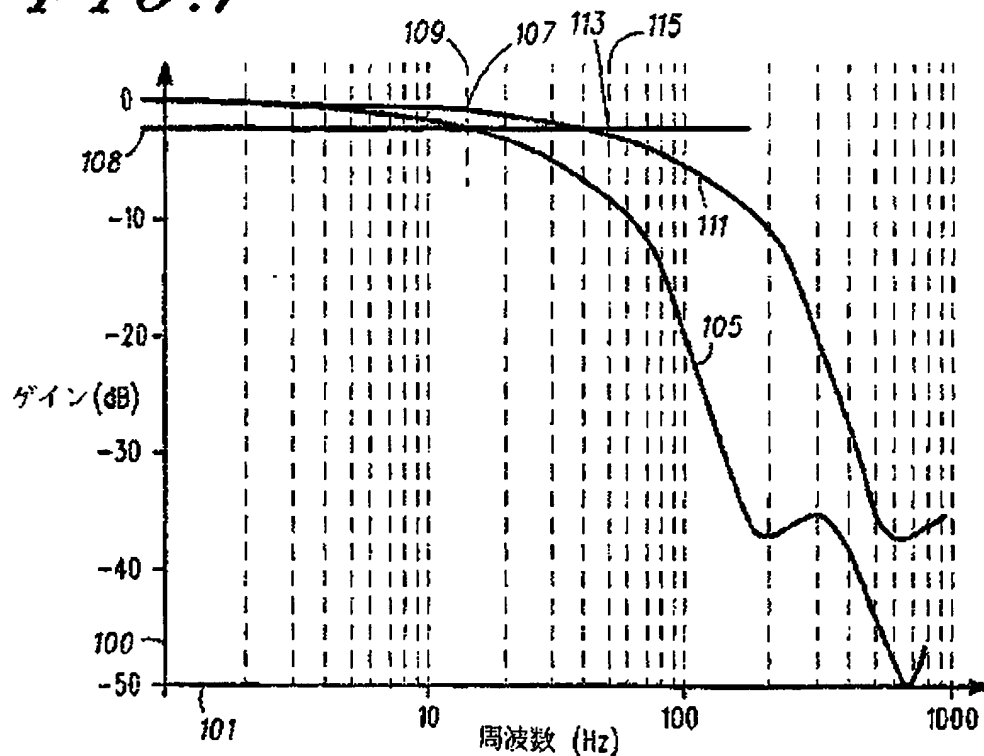
以上要するに、多シリンダ内燃機関から排出される複合ガス流の気体の化学的性質または現象 (chemistry) を測定するための改善された方法、およびシステムが詳細に説明された。この改善された手法は効果的にスタティックおよびダイナミックな時間的および空間的効果、多シリンダエンジン排気システムの特性、センサの周波数応答の制限、および U E G O ガス化学センサの濃い (r

rich) および薄い (lean) 排気ガスに対するセンサ応答の相違を補償する。この手法は特に有用であり、それはこの手法が複雑なシステム構成を補償しながらエンジン制御戦略に対し個々の空燃比推定値を検知しかつ提供するために単一のセンサを適用するからである。また、前に述べたように、開示された方法およびシステムはここに詳細に説明された教示の本質から離れることなく他の排気ガス形式を測定するのにも適用できる。さらに、適切なモデルにより、センサのあるまいに関連する他の変数も測定できる。本実施例では、これらはUEGOセンサの検出キャビティにおける酸素の濃度およびポンピング電流を含む。他のも

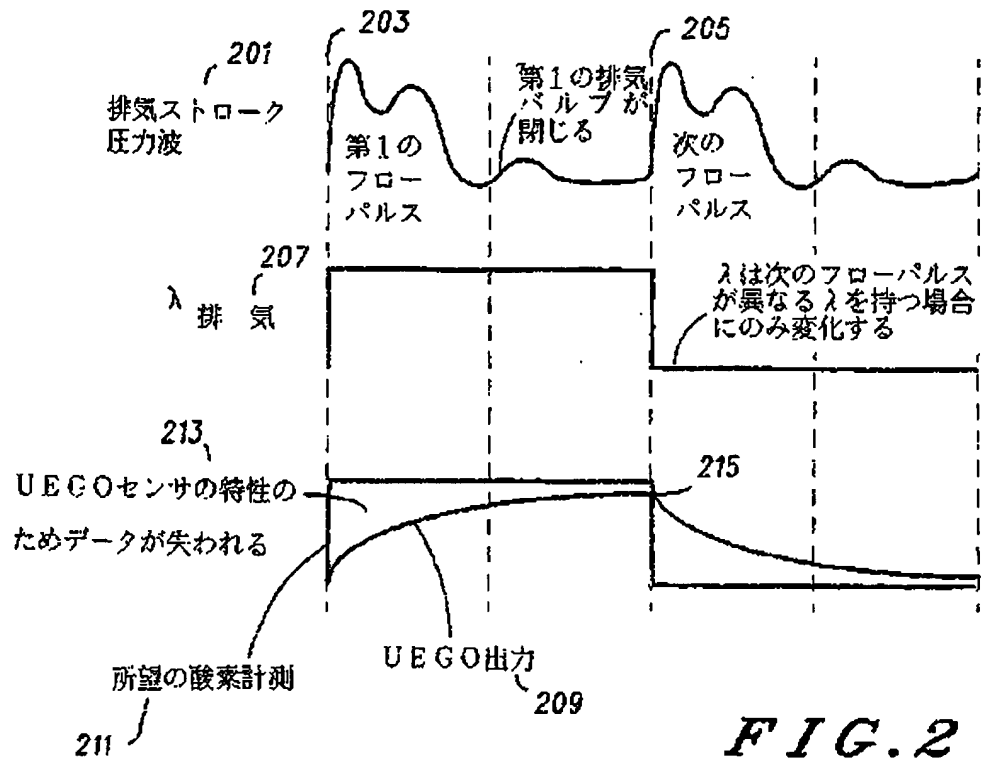
のはこの手法の能力がUEGOセンサおよび他のタイプのセンサに適用できることを直ちに認識するであろう。

【図1】

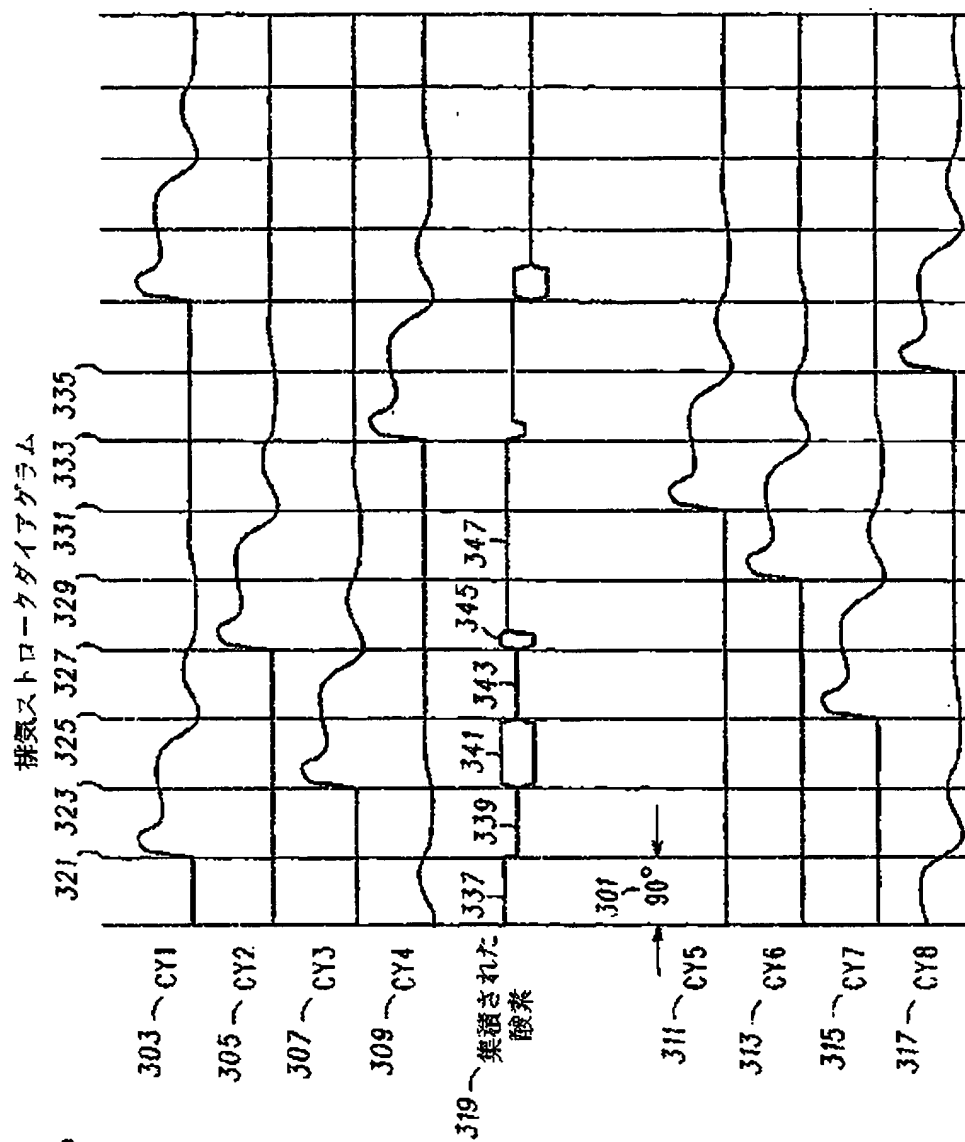
**FIG. 1**



【図2】



【図3】





【図4】

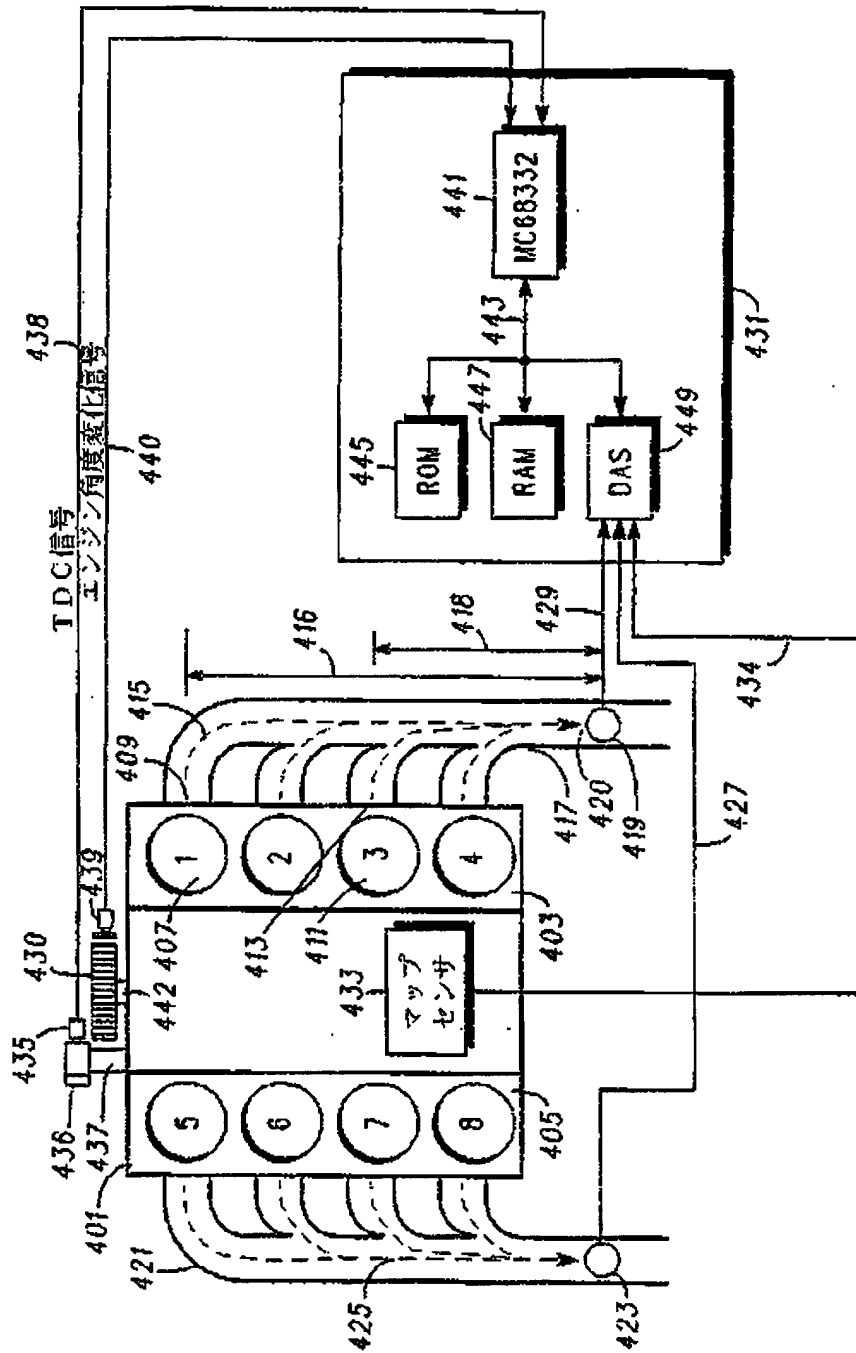
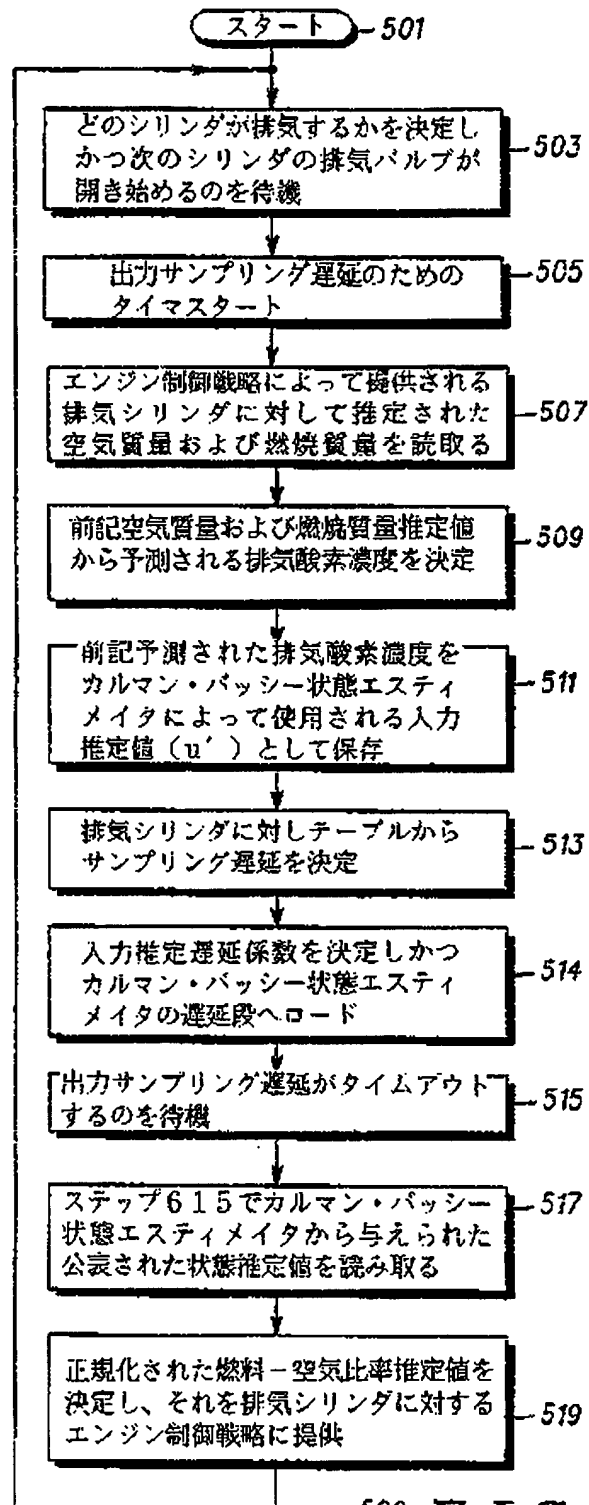


FIG. 4

【図5】



500 FIG. 5

【図6】

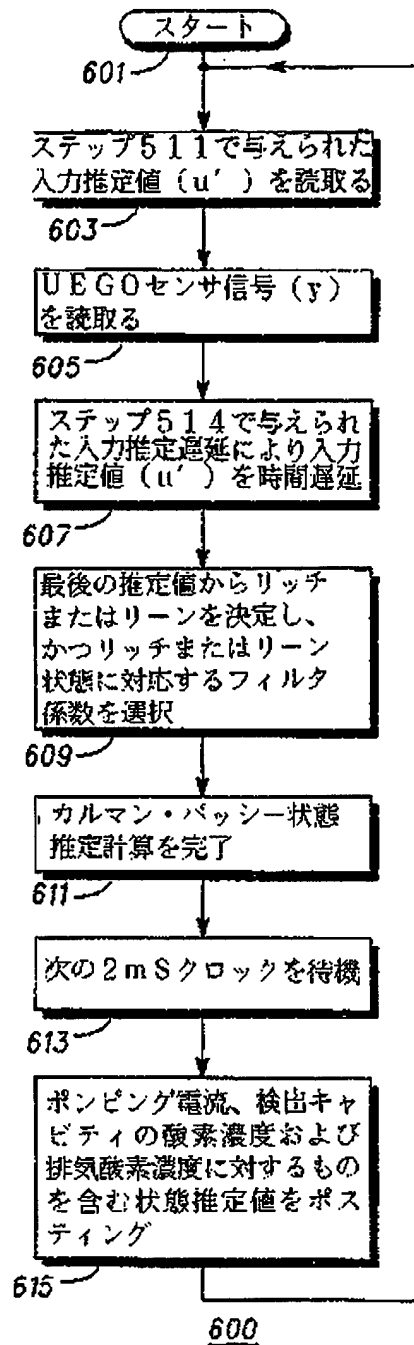
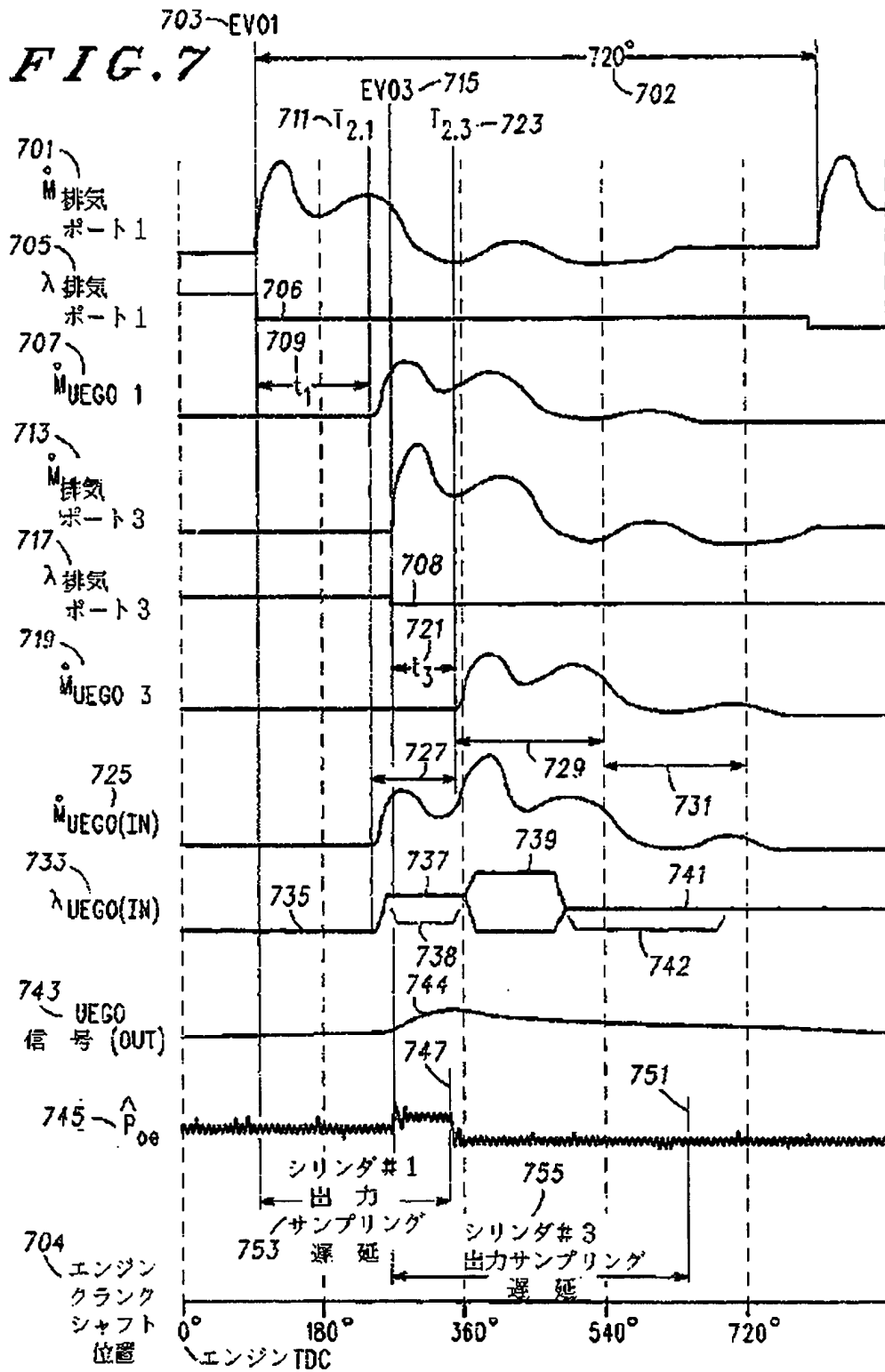


FIG. 6

【図7】



【图8】

FIG. 8

$$\begin{aligned}
 \hat{X}(k+1|k) &= \begin{bmatrix} \hat{P}_{oe}(k+1|k) \\ \hat{P}_{od}(k+1|k) \\ \hat{I}_p(k+1|k) \\ \hat{V}_3(k+1|k) \\ \hat{V}_4(k+1|k) \\ \hat{V}_{out}(k+1|k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{11} & a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{15} & a_{16} \\ b_{21} & a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ b_{31} & a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ b_{41} & a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ b_{51} & a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{X}(k|k) \\ \hat{P}_{oe}(k|k) \\ \hat{P}_{od}(k|k) \\ \hat{I}_p(k|k) \\ \hat{V}_3(k|k) \\ \hat{V}_4(k|k) \\ \hat{V}_{out}(k|k) \end{bmatrix} + B \cdot u(k) \\
 & \quad + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot u(k)
 \end{aligned}$$

【図9】

FIG. 9

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} \hat{X}(k+1|k+1) \\ \hat{P}_{oe}(k+1|k+1) \\ \hat{P}_{od}(k+1|k+1) \\ \hat{I}_p(k+1|k+1) \\ \hat{Y}_3(k+1|k+1) \\ \hat{Y}_4(k+1|k+1) \\ \hat{Y}_{out}(k+1|k+1) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \hat{X}(k+1|k) \\ \hat{P}_{oe}(k+1|k) \\ \hat{P}_{od}(k+1|k) \\ \hat{I}_p(k+1|k) \\ \hat{Y}_3(k+1|k) \\ \hat{Y}_4(k+1|k) \\ \hat{Y}_{out}(k+1|k) \end{bmatrix} + F_k \begin{bmatrix} f_{k1} \\ f_{k2} \\ f_{k3} \\ f_{k4} \\ f_{k5} \\ f_{k6} \end{bmatrix} \\
 &\quad + \begin{bmatrix} y(k+1) - C \cdot \begin{bmatrix} \hat{P}_{oe}(k+1|k) \\ \hat{P}_{od}(k+1|k) \\ \hat{I}_p(k+1|k) \\ \hat{Y}_3(k+1|k) \\ \hat{Y}_4(k+1|k) \\ \hat{Y}_{out}(k+1|k) \end{bmatrix} \\ y(k+1) - [000001] \cdot \begin{bmatrix} \hat{P}_{oe}(k+1|k) \\ \hat{P}_{od}(k+1|k) \\ \hat{I}_p(k+1|k) \\ \hat{Y}_3(k+1|k) \\ \hat{Y}_4(k+1|k) \\ \hat{Y}_{out}(k+1|k) \end{bmatrix} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

【図10】

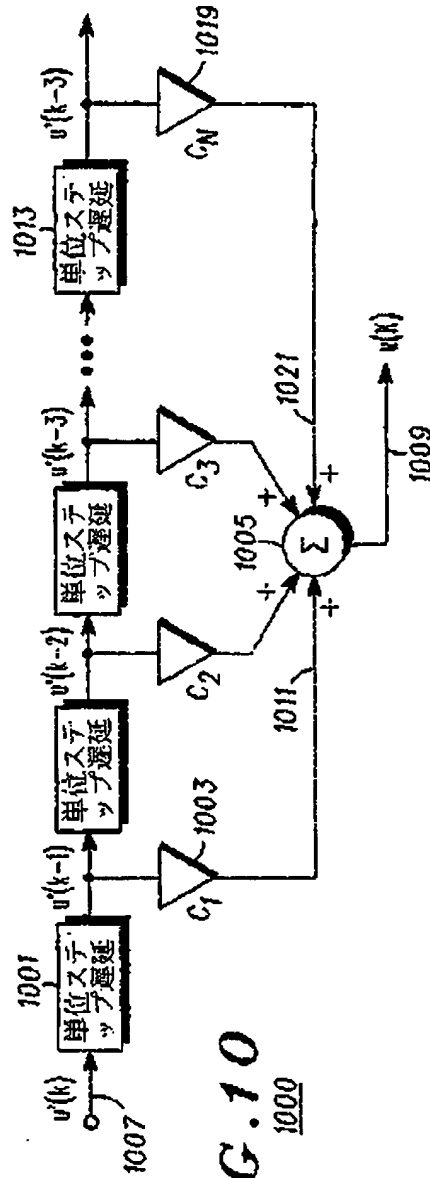
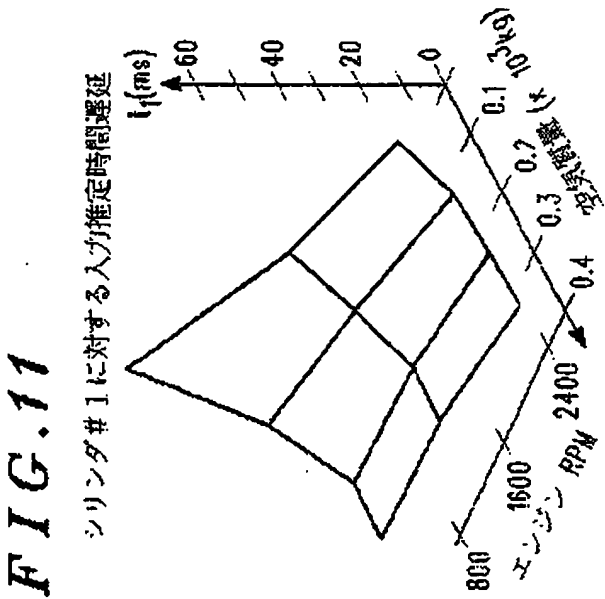
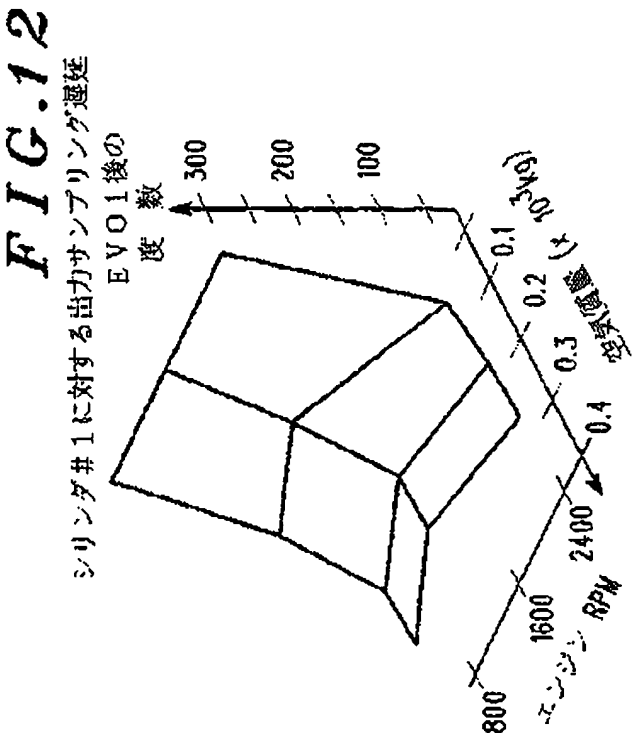


FIG. 10

【図11】

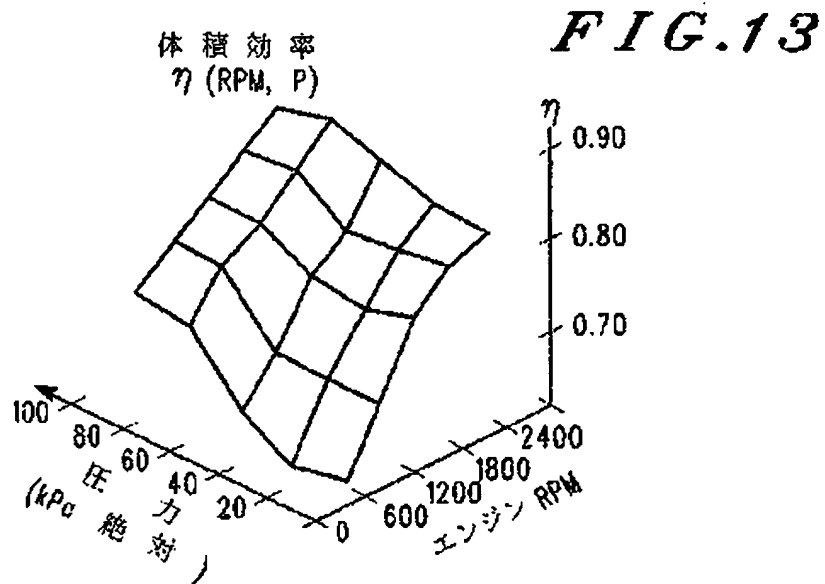


【図12】



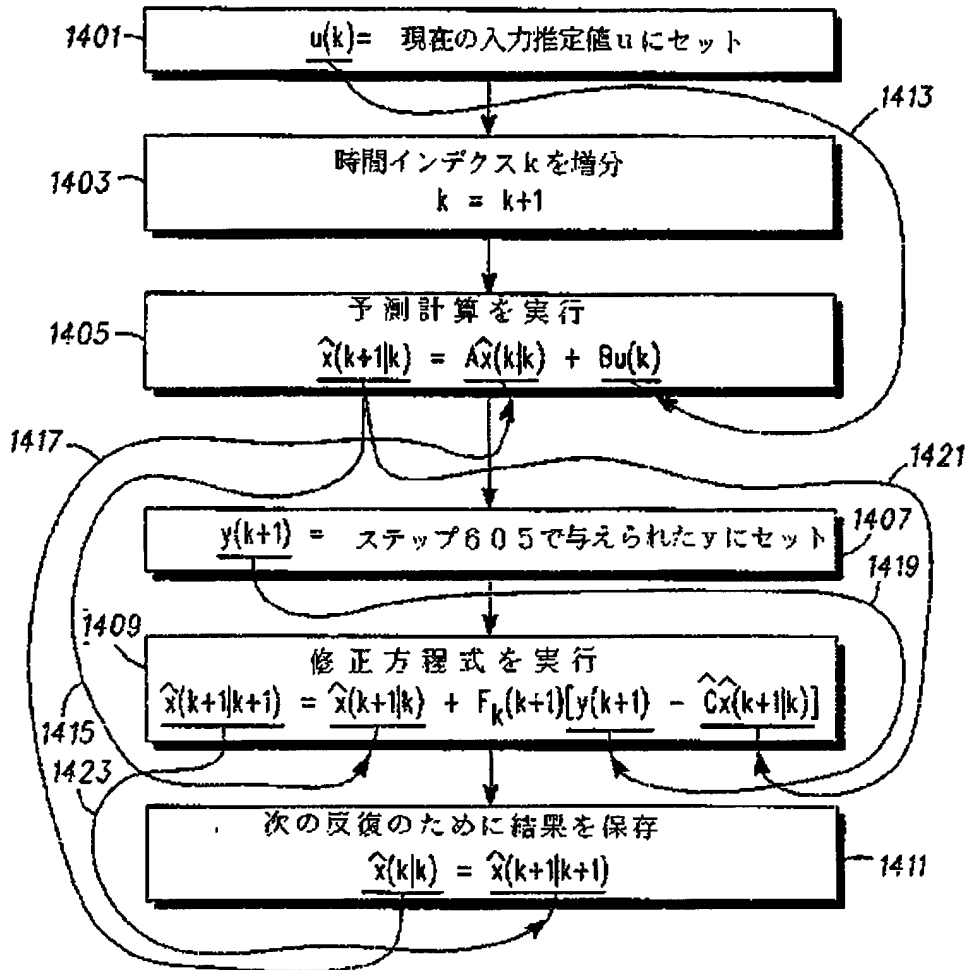


【図13】



【図14】

FIG. 14



**FIG. 15**

**FIG. 15**

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} P_{od} \\ I_p \\ V_3 \\ V_4 \\ V_{out} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-D_g A}{V_{dL}} & \frac{R_1}{V_{dL}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2}{R_3 C_3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-2}{R_3 C_3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{-1}{R_{21} C_{21} R_{22} C_{22}} & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \frac{1}{R_{22} C_{21}} + \frac{1}{R_{21} C_{21}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{od} \\ I_p \\ V_3 \\ V_4 \\ V_{out} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{D_g A}{V_{dL}} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot P_{oe}$$

$$\frac{-GR_{12} C_1 R_{1D} g_A}{(1-R_1 R_2 C_1 C) n F P_{od} | \lambda = 1.02 V_{dL}} + \frac{RTG}{(1-R_1 R_2 C_1 C) n F P_{od} | \lambda = 1.02 (1-R_1 R_{12} C_1 C) g}$$

$$\frac{R_{21}^2}{(n^2 F^2 P_{od} | \lambda = 1.02 V_{dL})} \cdot \frac{GR_{12} C_1}{(1-R_1 R_2 C_1 C)} + \frac{GR_1}{(1-R_1 R_2 C_1 C)}$$

$$\frac{GR_{12} C_1 D_0 ART}{(1-R_1 GR_{12} C_1) V_{dL} n F P_{od} | \lambda = 1.02}$$

$$\frac{RT}{V_{dL} n F}$$

$$\frac{2}{R_3 C_3}$$

$$\frac{-2}{R_3 C_3}$$

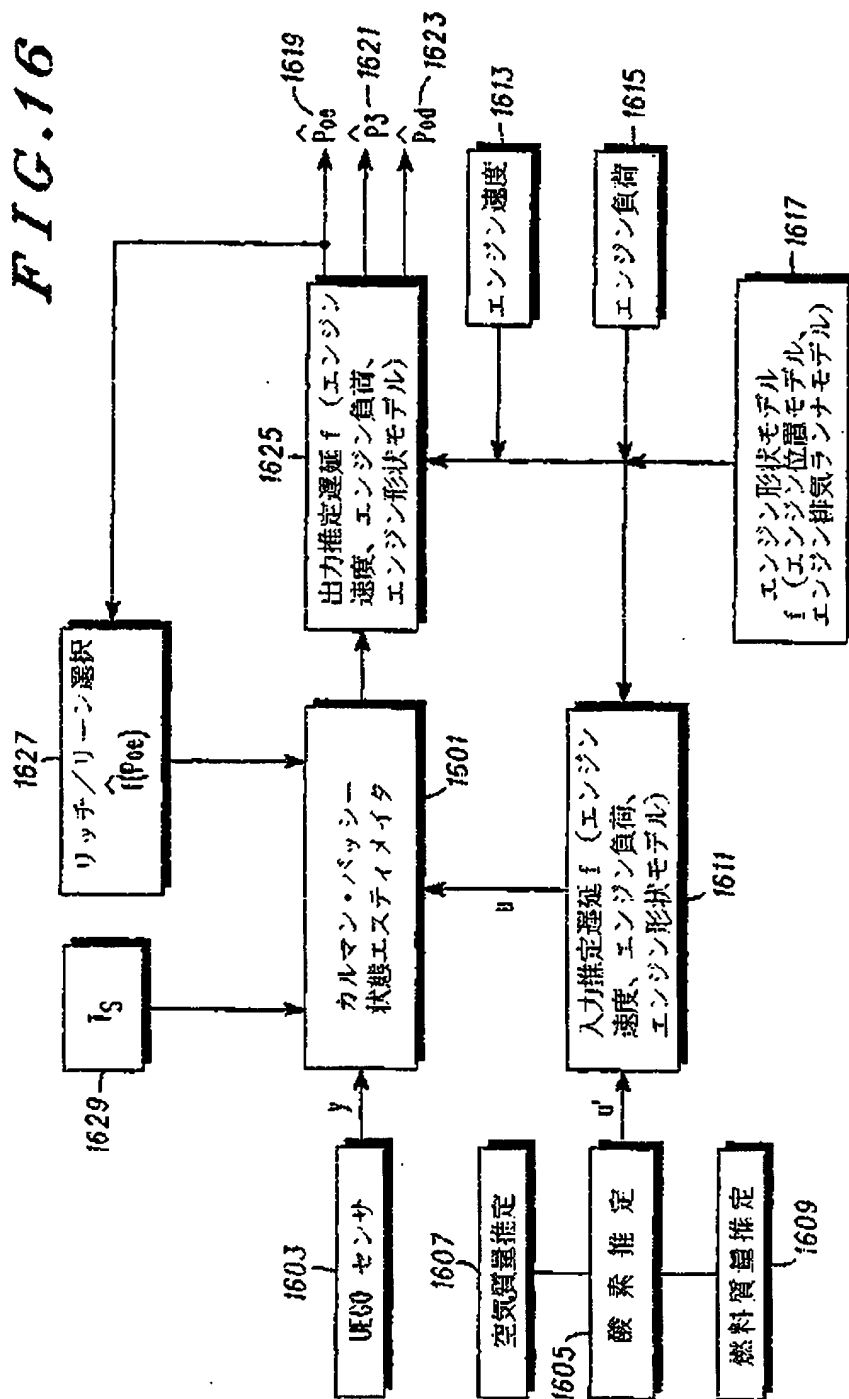
$$\frac{-1}{R_{21} C_{21} R_{22} C_{22}}$$

$$\frac{1}{R_{22} C_{21}} + \frac{1}{R_{21} C_{21}}$$

$$\frac{RT}{R_{21} C_{21} R_{22} C_{22} n F P_{od} | \lambda = 1.02}$$

【図 16】

FIG. 16



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US94/09221

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
IPC(6) : G06F 19/00 US CL : Please See Extra Sheet. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 364/431.03, 431.06, 496: 123/672, 673, 676, 677, 579, 681: 73/23,32		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) APS		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP, A, 0 444 783 A1 (Scotson et al) 04 August 1991, page 4, lines 17-46, Figs. 4, 5.	1-3, 38, 39, 61, 62, 87, 68.
X -- Y	IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 40, No. 1, February 1991, Jessy W. Grizzle et al, "Individual Cylinder Air-Fuel Ratio Control with a Single EGO Sensor", pages 280-286, especially pages 281 and 282.	1-4, 38, 39, 43, 60-63, 67, 68 ----- 5, 44-47, 64
Y	US, A, 5,083,427, (Anderson) 28 January 1992, col. 9, ln. 57-66, col. 10, ln. 14-24.	6-17, 30-37, 40, 48, 57-59
A	US, A, 5,050,084 (Nakaniwa) 17 September 1991, All.	All.
A, E	US, A, 5,349,932 (Boverie et al) 27 September 1994, All.	All.
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" documents defining the general state of the art which is not considered to be part of particular relevance "E" earlier documents published on or after the international filing date "L" documents which may show doubt on priority claimed or which is cited to establish the prior art date of another invention or other specific issues (as specified) "O" documents referring to oral disclosure, use, exhibition or other means "P" documents published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later documents published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to underpin the principles or theory underlying the invention "X" documents of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" documents of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents; such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" documents members of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 OCTOBER 1994		Date of mailing of the international search report JAN 20 1995
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-9564		Authorized officer TODD VOELTZ Telephone No. (703) 305-9714

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP94/09221

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:

US CL :

364/431.05, 431.06, 496; 123/672, 673, 676, 677, 679, 681; 73/23.32

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>9</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I  
F 0 2 D 45/00 3 7 2 F 9247-3G  
G 0 1 N 27/419

(72)発明者 アダムス・ネイル ジェイ  
アメリカ合衆国ミシガン州 48377、ノビ、  
ウイムブルトン・ウェイ 42605

(72)発明者 マーキーベック・クレグ アール  
アメリカ合衆国ミシガン州 48174、ロム  
ラス、ファーマム 16145

【要約の続き】

イタに基づいており、前記インターバル（738、742）の間実質的

に一定の振幅を有する成分ガス信号 $\hat{P}_{O_2}$ （745）がカ

ルマン・バッチー状態エスティメータ再構成プロセス（500、600）によって再構成される。開示の改善された方法、およびシステム、は多シリンダエンジン排気システムに特徴的なスタティックおよびダイナミックな時間的および空間的効果、およびUEGOセンサ（419）のリッチおよびリーンな排気ガスへのセンサの応答の差を補償することができる。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**